



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 28

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca

**O Ensino de Fenômenos Físicos no Ensino Fundamental através de práticas
experimentais: Utilizando aparatos de baixo custo e fácil construção**

Alfenas / MG

2023

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca

O Ensino de Fenômenos Físicos no Ensino Fundamental através de práticas experimentais: Utilizando aparatos de baixo custo e fácil construção

Dissertação apresentada ao Polo 28 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alfenas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Pinto
Coorientador: Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso.

Alfenas / MG
2023

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Militão Gualberto da Fonseca, Wanderson.

O Ensino de Fenômenos Físicos no Ensino Fundamental através de práticas experimentais : Utilizando aparatos de baixo custo e fácil construção / Wanderson Militão Gualberto da Fonseca. - Alfenas, MG, 2023. 142 f. : il. -

Orientador(a): José Antônio Pinto.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2023.
Bibliografia.

1. Ensino de Física. 2. Ensino de Ciências. 3. Aparatos de baixo custo. 4. Práticas experimentais. I. Pinto, José Antônio, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca

O Ensino de Fenômenos Físicos no Ensino Fundamental através de práticas experimentais: Utilizando aparatos de baixo custo e fácil construção

Dissertação apresentada ao Polo 28 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alfenas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em ___/___/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Pinto – Orientador
Universidade Federal de Alfenas - MG

Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior – Examinador 1
Universidade Federal de Alfenas - MG

Prof. Dr. José Evaristo Rodrigues Costa – Examinador 2
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – MG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às minhas filhas, a minha família e a meu orientador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a minhas filhas, Ayla e Maria Clara por serem meu amor maior, por serem meu combustível e me darem a força e o estímulo necessários para que eu nunca desista e supere todos os obstáculos que a vida me impõe.

A minha mãe, Eliana, por ser meu alicerce e meu exemplo, por ser a mulher maravilhosa que é e meu exemplo de força e determinação. Aos meus irmãos, Hudson, Hugo e Higor, por existirem em minha vida.

Aos meus amigos que nas horas difíceis estiveram ao meu lado aos meus colegas de curso e todos os profissionais da UNIFAL por compartilharem comigo seus conhecimentos e pela parceria.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPIGRAFE

“Aprender Ciência não é fácil, pois sua linguagem não é a linguagem do senso comum. Os conceitos, mesmo que absorvidos inicialmente por analogias e fazendo ponte com os conceitos primários que o indivíduo desenvolveu durante a vida, deverão ser reconstruídos dentro do contexto científico.”

FERREIRA e VILLANI, 2002

RESUMO

Grande parte dos estudantes ingressantes no Ensino Médio apresentam um alto grau de dificuldade na Componente Curricular de Física. Dentre as hipóteses para este problema, está a falta de preparo destes estudantes ainda no Ensino Fundamental e a não maturação do desenvolvimento cognitivo dos mesmos e as metodologias de ensino tradicionalistas que podem dificultar o aprendizado dos alunos e limitar seu desenvolvimento científico. O presente estudo, buscou referencial teórico nos pensamentos Jean Piaget, em relação aos estágios de desenvolvimento cognitivo das crianças levando-se em consideração a faixa etária dos sujeitos esta pesquisa, que são jovens, estudantes do 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual no município de Sete Lagoas, com faixa etária entre 13 e 14 anos. Apresentamos aqui uma proposta que contempla a utilização de aparatos experimentais feitos com materiais de baixo custo destinado a este público com o objetivo de possibilitar de construção e montagem dos experimentos por professores da rede pública e a utilização da experimentação como estratégia de ensino que propicie uma atuação mais dinâmica e participativa dos estudantes. Esta pesquisa foi realizada durante o ano de 2022 com a participação de 35 estudantes, onde foram implementadas nas aulas de Ciências a utilização de sete Roteiros Experimentais, sendo: “Carinho de Galileu”, “Robozinho com Motor Desbalanceado”, “Atrito Zero”, “Cascata de Fumaça”, “Mangueira de Nível”, “Pressão e Profundidade” e “Pêndulo de Foucault”. Os roteiros tiveram como objetivo apresentar conceitos físicos que seriam abordados no 1º Ano do Ensino Médio de acordo com o CBC do Estado de Minas Gerais. Durante as aplicações dos Roteiros Experimentais, foi observado que os estudantes apresentaram mais interesse pelas aulas práticas, tornaram-se cada vez mais participativos, questionadores, e receptivos aos conteúdos trabalhados, o que resultou em uma melhora na assimilação dos conceitos físicos abordados e associação com situações cotidianas.

Palavras-Chave: Ensino de Física, Ensino de Ciências, Aparatos de baixo custo, Práticas Experimentais, Desenvolvimento Cognitivo.

ABSTRACT

A large number of students entering secondary school have a high degree of difficulty with the Physics curriculum component. Among the hypotheses for this problem is the lack of preparation of these students in elementary school and the lack of maturation in their cognitive development, as well as traditional teaching methodologies that can hinder students' learning and limit their scientific development. This study sought a theoretical reference in the thoughts of Jean Piaget, in relation to the stages of cognitive development of children, taking into account the age group of the subjects of this research, who are young people, students in the 9th grade of elementary school in a state school in the municipality of Sete Lagoas, aged between 13 and 14. Here we present a proposal that includes the use of experimental apparatus made from low-cost materials for this audience, with the aim of making it possible for public school teachers to build and assemble experiments and use experimentation as a teaching strategy that promotes a more dynamic and participatory approach for students. This research was carried out during the year 2022 with the participation of 35 students, where seven Experimental Guides were implemented in Science classes: "Galileo's Caress", "Little Robot with an Unbalanced Motor", "Zero Friction", "Smoke Cascade", "Level Hose", "Pressure and Depth" and "Foucault Pendulum". The aim of the scripts was to present physical concepts that would be covered in the 1st Year of High School, in accordance with the CBC of the State of Minas Gerais. During the application of the Experimental Guides, it was observed that the students showed more interest in the practical lessons, became increasingly participative, questioning, and receptive to the content covered, which resulted in an improvement in the assimilation of the physical concepts covered and association with everyday situations.

Keywords: Physics teaching, Science teaching, Low-cost apparatus, Experimental practices, Cognitive development.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA	12
3. TÓPICOS DE FÍSICA RELACIONADOS AOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS NESTA PESQUISA	15
3.2.1. Referenciais Inerciais	16
3.2.2. Referenciais não inerciais	16
3.3. REPOUSO E MOVIMENTO	18
3.4. FORÇA DE ATRITO	19
3.4.1. Atrito Estático e Atrito Cinético	19
3.5. GRANDEZAS QUE ENVOLVEM O MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)	20
3.6. MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME	22
3.7. ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA	25
3.8. MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV).....	25
3.9. MOVIMENTO PERIÓDICO	28
3.12. LANÇAMENTO EM DUAS DIMENSÕES	36
3.13.1. Densidade	38
3.13.2. Pressão atmosférica	39
3.13.3. Pressão hidrostática	39
3.13.4. Vasos Comunicantes	41
4. INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA - METODOLOGIA	43
4.1. EXPERIMENTO 01: ‘CARRINHO DE GALILEU’	45
4.2. EXPERIMENTO 02: “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”	46
4.3. EXPERIMENTO 03: “ATRITO ZERO”	46
4.4. EXPERIMENTO 04: “CASCATA DE FUMAÇA”	46
4.5. EXPERIMENTO 05: “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”	46
4.6. EXPERIMENTO 05: “MANGUEIRA DE NÍVEL”	46
4.7. EXPERIMENTO 07: “PÊNDULO DE FOUCAULT”	46
4.8. AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	47
5. RESULTADOS E ANÁLISE	49
5.1. EXPERIMENTO “CARRINHO DE GALILEU”:	49
5.2. EXPERIMENTO “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”	54
5.3. EXPERIMENTO “ATRITO ZERO”:	57
5.4. EXPERIMENTO “CASCATA DE FUMAÇA”:	61
5.5. EXPERIMENTO “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”:	66
5.6. EXPERIMENTO “MANGUEIRA DE NÍVEL”:.....	70

5.7. EXPERIMENTO “PÊNULO DE FOUCAULT”:	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICES	86
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	86
INTRODUÇÃO:	87
CAPÍTULO 01 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “CARRINHO DE GALILEU”	88
CAPÍTULO 02 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”	96
CAPÍTULO 03 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ATRITO ZERO”	101
O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVES DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO:	101
CAPÍTULO 04 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “CASCATA DE FUMAÇA”	105
CAPÍTULO 05 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”	109
CAPÍTULO 06 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “MANGUEIRA DE NÍVEL”	112
CAPÍTULO 07 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PÊNULO DE FOUCAULT”	115
APÊNDICE B – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “CARRINHO DE GALILEU”	119
APÊNDICE C – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO ”	122
APÊNDICE D – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “ATRITO ZERO ”	125
APÊNDICE E – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “CASCATA DE FUMAÇA”	128
APÊNDICE F – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”	131
APÊNDICE G – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “MANGUEIRA DE NÍVEL”	134
APÊNDICE B – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “PÊNULO DE FOUCAULT”	137

1. INTRODUÇÃO

Através de observações realizadas por este professor-pesquisador, mesmo que de forma empírica realizadas durante regências de aula para estudantes ingressantes no Ensino Médio que apresentam uma dificuldade muito grande na Componente Curricular Física e, principalmente em conversas com professores de outras unidades curriculares ou mesmo da unidade curricular de Física, surgiram algumas hipóteses que justifiquem este alto grau de dificuldades e dentre as hipóteses é de senso comum a falta de preparo destes estudantes ainda no Ensino Fundamental e a não maturação do desenvolvimento cognitivo dos mesmos. De acordo com Ferreira e Villani (2002) “aprender Ciência não é fácil, pois sua linguagem não é a linguagem do senso comum. Os conceitos, mesmo que absorvidos inicialmente por analogias e fazendo ponte com os conceitos primários que o indivíduo desenvolveu durante a vida, deverão ser reconstruídos dentro do contexto científico.”.

Desta forma, surgiu o pensamento de tentar contribuir de alguma forma para tal situação, introduzindo a Física de forma fenomenológica para os estudantes enquanto os mesmos ainda se encontram nos anos finais do Ensino Fundamental. Em um primeiro momento, foi feita uma análise das propostas do Currículo Básico Comum (CBC) do Ensino Fundamental, (MARTINS et al, 2008) do Estado de Minas Gerais, dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (MEC, 1998) e da Base Nacional Curricular (BNCC) (MEC, 2018) para compreender como a Física é apresentada para os estudantes ainda no Ensino Fundamental. Em relação ao CBC, observa-se que há uma proposta interessante que é “proporcionar ao educando compreender as Ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade” (p. 107). Outro aspecto a ser levado em consideração deve ser o despreparo dos estudantes em assimilar situações abstratas descritas por Piaget (1996, p. 47) como algo que “(...) constitui um processo comum à vida orgânica e à atividade mental, portanto, uma noção comum à fisiologia e à psicologia” e diz também que “a assimilação não se reduz (...) a uma simples identificação, mas é construção de estruturas ao mesmo tempo em que incorporação de coisas a essas estruturas” (PIAGET, 1996, p. 364).

Diversas são as teorias que têm sido propostas como forma de subsidiar o ensino nos últimos anos em nosso país, sendo algumas diretamente vinculadas ao ensino de Física, tais como as teorias tidas como construtivistas. Segundo Valadares (p.36-57, 2011): “Não há conhecimento sem objeto sobre o qual incide e sem o sujeito que o constrói, então coloca-se a

questão da essência do conhecimento que tem a ver com o modo como ocorre esta relação com sujeito.” E completa:

[...] o construtivismo é claramente empirista ao admitir a experiência como a nossa única interface com o mundo. Mas, ao mesmo tempo, ao fazer apelo a uma ideia de conhecimento construído de dentro, pelo sujeito pensante, assume um empirismo necessariamente idealista e subjetivo, em que a validade do conhecimento se baseia na viabilidade, na coerência e não na correspondência com qualquer realidade externa, em termos de relação sujeito/mundo. (VALARARES, p.36-57, 2011)

O objetivo desta pesquisa é elaborar um produto educacional composto por sete Roteiros Experimentais (RE), onde serão utilizados experimentos com materiais de fácil aquisição e baixo custo para demonstrar apenas e de forma fenomenológica conceitos científicos para uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública no município de Sete Lagoas/MG, que possibilitem a compreensão de conceitos de Física e contribua para a consolidação de novos conhecimentos e até mesmo fortaleça os conhecimentos prévios que os estudantes já possuam. Os Roteiros Experimentais foram produzidos, experienciados pelo professor-pesquisador e aplicadas em sala de aula durante o ano de 2022 e os resultados são apresentados no presente documento.

Com isso, espera-se contribuir para que as dificuldades encontradas pelos estudantes ao ingressarem no Ensino Médio sejam minimizadas e que a importância da Física na vida cotidiana dos mesmos seja compreendida, propiciando uma maior facilidade de assimilação, tornando o aprendizado menos ímprobo tanto para os estudantes como para os professores.

No Capítulo 2 é apresentado o Referencial Teórico e Revisão da Literatura que aportaram a presente pesquisa e no Capítulo 3 é apresentam-se aos Tópicos de Física relacionados aos os experimentos abordados nos Roteiros Experimentais. No Capítulo 4 apresenta-se a metodologia utilizada para esta pesquisa e uma descrição sucinta de cada Roteiro Experimental aplicado aos estudantes. Ainda no Capítulo 4 são apresentados os procedimentos para realização das Intervenções Pedagógicas e suas respectivas avaliações.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados e as análises das respostas dadas pelos estudantes referentes aos questionários aplicados. O Capítulo 6 é dedicado à Considerações Finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA

O ensino de Física, em especial no Primeiro Ano do Ensino Médio, mostra-se desafiador pela falta dialética entre o processo de assimilação e contextualização. Piaget descreve que “o desenvolvimento cognitivo se dá pela interação entre o sujeito e o objeto de conhecimento (o que se estuda)”. Segundo ele:

A relação cognitiva sujeito/objeto é uma relação dialética porque se trata de processos de assimilação (por meio de esquemas de ação, conceitualizações ou teorizações, segundo os níveis) que procedem por aproximações sucessivas e através dos quais o objeto apresenta novos aspectos, características, propriedades, etc. que um sujeito também em modificação vai reconhecendo. Tal relação dialética é um produto da interação, através da ação, dos processos antagônicos (mas indissociáveis) de assimilação e acomodação. (PIAGET, 1980, p.11)

Acredita-se que seja importante que os estudantes sejam capazes de identificar a Física e sua aplicabilidade no cotidiano, contribuindo para a formação do senso crítico, como exposto como principal objetivo do PCN+:

[...] construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL)

Um dos maiores desafios da educação na atualidade é ensinar os estudantes a pensarem! “E pensar não é somente ‘raciocinar’ ou ‘calcular’ ou ‘argumentar’, como nos tem sido ensinado algumas vezes, mas é, sobretudo dar sentido ao que somos e ao que nos acontece” (BONDÍA, 2002, pag. 20).

A defasagem de aprendizagem na componente curricular Física evidenciada quando os estudantes migram do Ensino Fundamental para o Ensino Médio pode ter relação com os profissionais que ministram as aulas de Ciências, que são em sua maioria formados em Ciências Biológicas, situação já levada à discussão por Cunha:

Na maioria das vezes os professores têm sua formação ligada à área de Ciências Biológicas, não tendo então a devida habilitação para abordar e trabalhar com determinados conteúdos das disciplinas de Física e Química (CUNHA, 2004, p. 15).

No presente trabalho optou-se em buscar contribuir para o desenvolvimento dos conceitos da Mecânica e Hidrostática dos estudantes do 9º ano, utilizando para isso intervenções pedagógicas que propiciem a diminuição das dificuldades que os mesmos enfrentariam ao ingressarem no 1º ano do Ensino Médio. Para tal, foi realizado um estudo dos principais documentos oficiais dos governos estadual e federal, como CBC, BNCC e PCN+ com o objetivo de verificar quais os conteúdos de Física são trabalhados no Ensino Fundamental.

Tal análise, leva a reflexão da necessidade de o professor não apenas reproduzir mecanicamente o conhecimento e sim auxiliar os estudantes em sua construção, preparando uma aula produtiva fazendo o uso correto dos experimentos para que a relação teoria/prática seja bem executada e atinja seus objetivos, pois:

[...] a aprendizagem não se confunde necessariamente com o desenvolvimento, e que, mesmo da hipótese segundo a qual as estruturas lógicas não resultam da maturação de mecanismos inatos somente, o problema subsiste em estabelecer se sua formação se reduz a uma aprendizagem propriamente dita ou depende de processos de significação

ultrapassando o quadro do que designamos habitualmente sob este nome (PIAGET, 1974, p. 34).

Os estudantes, participantes desta pesquisa possuem faixa etária entre 13 e 15 anos. Portanto, encontra-se no período operatório formal, que de acordo com Pádua (2009) é a principal característica desta fase, pois:

[...] consiste em poder realizar estas operações sobre hipóteses e não somente sobre objetos, ou seja, de agora em diante, a criança pode versar sobre enunciados verbais, isto é, sobre proposições. "O raciocínio hipotético-dedutivo torna-se possível, e, com ele, a constituição de uma lógica 'formal' quer dizer, aplicável a qualquer conteúdo. (Pádua, p. 22, 2009)

É importante ressaltar que segundo o próprio Piaget essas idades são uma média e dependem dos meios sociais e escolares, assim, tornando impossível afirmar que adolescentes de 15 anos já encontram-se na fase de equilíbrio da sua formação intelectual, podendo estar apenas no início do processo e, portanto necessitar do auxílio de seus docentes para atingir a maturação que “[...] consiste, essencialmente, em abrir possibilidades novas e constitui, portanto, condição necessária do aparecimento de certas condutas [...]” (PIAGET; INHELDER, 1986, p. 130).

Neste sentido, o uso de experimentações pode ser uma das ferramentas pedagógicas utilizadas a fim de contribuir para o processo de assimilação/aprendizagem e neste aspecto Bondía (2002, pág. 21) descrever a palavra experiência como “A experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca. Não o que se passa, não o que acontece ou o que toca.”.

Entretanto é preciso se ter uma compreensão adequada sobre essa ferramenta pedagógica, para que a mesma não seja usada de forma errônea e deixe de cumprir sua finalidade. Assim, é indispensável que o professor planeje suas aulas com o objetivo de instituir uma atmosfera propícia à criação do conhecimento. Segundo Bondía:

Costuma-se pensar a educação do ponto de vista da relação entre a Ciência e a técnica ou, às vezes, do ponto de vista da relação entre teoria e prática. Se o par Ciência/técnica remete a uma perspectiva positiva e retificadora, o par teoria/prática remete, sobretudo a uma perspectiva política e crítica. (BONDÍA, 2002, p.20)

Na análise do CBC, nota-se que há um incentivo a uma metodologia de ensino interdisciplinar, que Japiassú descreve como:

[...] à interdisciplinaridade faz-se mister a intercomunicação entre as disciplinas, de modo que resulte uma modificação entre elas, através de diálogo compreensível, uma vez que a simples troca de informações entre organizações disciplinares não constitui um método interdisciplinar. (JAPIASSÚ, 1973)

Segundo Grado (2000 *apud* ROSA e ROSA, 2005) “quando um objeto de saber (um conceito, um conhecimento científico) é designado como saber a ensinar, ele sofrerá transfor-

mações no sentido de adaptá-lo ao ensino (conteúdos escolares).” Assim, para introduzir a Física no 9º ano é necessário buscar metodologias diferenciadas e adequar o aprendizado ao grupo trabalhado com a inserção de novas tecnologias como experimentos simples. Barbosa e Serrano descrevem a relação entre a educação e as novas tecnologias ao dizer que:

O desafio para a educação da nova era é desenvolver novos contextos de interação que denotem ao aprendiz a utilização, sobretudo, de alternativas criativas e estimulantes ao aprendizado. As ferramentas disponíveis hoje na Internet, desde que com as devidas adaptações e com seu uso resultando de uma estratégia de aplicação, oferecem um universo de possibilidades a ser explorado pelo educador que se propuser a sobrepor a fronteira da tecnologia para descobrir meios para o enriquecimento de sua atuação (...). (BARBOSA E SERRANO, 2005, p.1)

Filho (2000) alude que, “o termo saber (savoir) é utilizado para designar o objeto sujeito a transformações (...) o processo de transposição didática estabelece a existência de três patamares, ou níveis para saber: (I) o saber sábio (savoir savant); (II) o saber a ensinar (savoir à enseigner) e (III) saber ensinado (savoir enseigné).” (p.5). Ainda segundo Filho:

[...] o saber a ensinar é produto organizado e hierarquizado em graus de dificuldade, resultante de um processo de total descontextualização e degradação do saber sábio. Enquanto o saber sábio apresenta-se ao público através das publicações científicas, o saber a ensinar faz-se por meio dos livros-textos e manuais de ensino. (FILHO, 2000, p6).

O CBC do 6º ao 9º ano do Estado de Minas Gerais tem como objetivo principal “estabelecer os conhecimentos, as habilidades e as competências a serem adquiridos pelos estudantes na educação básica, bem como as metas a serem alcançadas pelo professor a cada ano (...)”.

Assim, são pensamentos norteadores desta pesquisa o resgate o interesse dos estudantes pelo ensino de Física, reencontrando o caminho para se ensinar aos estudantes a pensarem e reconhecerem a importância da Física em seu cotidiano.

3. TÓPICOS DE FÍSICA RELACIONADOS AOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS NESTA PESQUISA

3.1. INÉRCIA

De acordo com o dicionário *Oxford Languages*, a palavra inércia significa a “resistência que a matéria oferece à aceleração.” Ou seja, é a tendência natural que uma partícula tem de manter seu estado inicial de repouso ou movimento que só pode ser alterado com a aplicação de uma Força.

De acordo com a definição do físico Isaac Newton em seus livros “*Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*” de 1687, em sua Lei da Inércia: “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a

menos que ele esteja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas a ele.” (NEWTON, 1687, p.53).

3.2. A ESCOLHA DE UM REFERENCIAL

3.2.1. Referenciais Inerciais

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (Ed.10, v.1, p.241, 2016): “A primeira Lei de Newton não se aplica a todos os referenciais, mas em todas as situações podemos encontrar referenciais nos quais essa lei (na verdade, toda a mecânica newtoniana) é verdadeira.” Esses referenciais são chamados de “referenciais inerciais”.

Um sistema de referencial inercial na Mecânica Clássica Newtoniana requer um sistema de coordenadas e um conjunto de relógios para permitir ao observador mensurar posição, velocidade e aceleração do seu ponto de observação, assim as leis da Física clássica são aplicadas somente para um determinado conjunto de sistemas de referenciais onde essas leis são válidas.

Assim, quando dois observadores, ao utilizarem referenciais diferentes, farão medidas diferentes da mesma partícula, tanto no que se refere a sua posição, quando a sua velocidade.

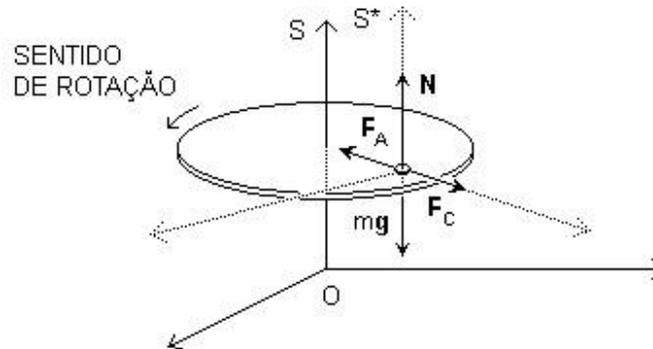
3.2.2. Referenciais não inerciais

Considera-se como referencial inercial aquele onde o estudo do movimento obedece as Leis de Newton e como referencial não inercial aquele onde estas leis não se aplicam. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (Ed.10, V.1, p.273, 2016): “Os referenciais para os quais as leis de Newton são válidas são chamados de referenciais inerciais. Os referenciais para os quais as leis de Newton não são válidas são chamados de referenciais não inerciais.”. Assim, qualquer referencial, só pode ser inercial ou não inercial.

Assim, o conjunto de todos os referenciais que pudermos imaginar é formado por duas categorias que se excluem mutuamente: a categoria dos referenciais inerciais e a categoria dos referenciais não inerciais. Além disso, sob o ponto de vista estritamente lógico, se uma dessas categorias for definida, a outra fica automaticamente definida por exclusão. [...] (UFMS, 2022)

Desta forma, ao fazer uso de um referencial inercial com objetivo de descrever um fenômeno qualquer, cada força que atua nos corpos que participam desse fenômeno é associada a uma ou mais das quatro interações fundamentais: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. Porém, ao adotar um referencial não inercial para descrever um fenômeno e ainda assim, utilizar a segunda lei de Newton, é preciso introduzir outra classe de forças, chamadas de forças inerciais (ou forças fictícias), como por exemplo, a força centrífuga e a força de Coriolis, que não podem ser associadas a qualquer uma das quatro interações fundamentais.

FIGURA 01: Movimento de rotação onde temos referenciais não inerciais



Fonte: UFSM. (2022)

Para exemplificar, vamos analisar a FIGURA 01, onde temos um disco na horizontal que gira com uma determinada velocidade angular constante em relação a um referencial que chamaremos de S. Neste disco temos uma moeda apoiando-se no disco, mas sem que a mesma deslize sobre ele. Assim, a moeda descreverá um movimento circular uniforme em relação ao nosso referencial.

Agora se consideramos outro referencial S' onde o disco e a moeda se encontram em repouso. Neste caso, teremos um não inercial, tendo vista que o conjunto irá continuar girando em relação ao nosso referencial inicial S. Portanto, em relação ao referencial S' a moeda está em repouso e, portanto, não possui aceleração, mas se quisermos utilizar a segunda Lei de Newton de forma que ela seja válida, temos que admitir que a resultante das forças que atuam sobre a moeda devem ser nulas.

Vamos então explicitar as forças que atuam sobre a nossa moeda: Teremos a força peso, já que a mesma possui massa e está sofrendo ação da gravidade e como a mesma está em contato com o disco, podemos também afirmar que existe sobre ela a ação da Força Normal. Como a moeda não desliza sobre o disco, fica evidente que temos também a ação da força de atrito entre a moeda e o disco onde ela está apoiada.

Portanto, temos três forças que atuam na moeda também em relação a um referencial inercial S, onde a força peso é anulada pela força normal, assim, o que sobra é a força de atrito, que neste caso, onde temos um Movimento Circular Uniforme (MCU) fará o papel da força centrípeta.

Já em um referencial não inercial, que nomeamos como S' as forças peso e normal continuam anulando-se mutuamente, portanto, para termos uma resultante nula, como foi dito

anteriormente é preciso uma nova força para anular a força de atrito (força centrífuga): A força centrífuga, que no nosso referencial S não existe.

Agora em se tratando da terceira Lei de Newton, fica evidente que nosso planeta impõe sobre a moeda a força peso e a moeda impõe sobre o centro a Terra à mesma força. Ambas estão ligadas a interação gravitacional e, portanto formam um par de ação e reação. Já se analisarmos a moeda e o disco, notamos que o disco exerce sobre a moeda a força Normal e a moeda exerce sobre o disco uma força \vec{f} , ambas associadas à interação eletromagnética entre elas, ou seja, temos mais um par de ação e reação. Em relação à força de atrito, teremos um terceiro par de ação e reação, tendo vista que o disco irá impor uma força de atrito sobre a moeda e a moeda irá fazer o mesmo. Mas a força centrífuga não está ligada a nenhuma interação das forças fundamentais e, portanto, não haverá uma nova força que permita a formação de um quarto par de ação-reação. Desta forma, força centrífuga pode ser considerada um efeito relacionado a um referencial não inercial para descrever o movimento da moeda, o que não significa que não seja real, apenas não se pode aplicar sobre ela a terceira Lei de Newton. O que nos leva a conclusão que tal lei não tem validade em referenciais não inerciais.

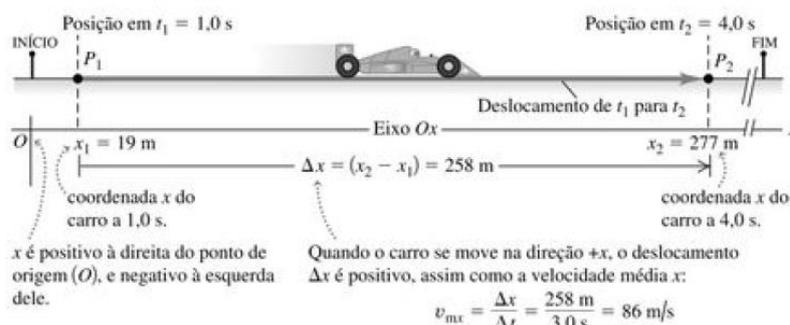
3.3. REPOUSO E MOVIMENTO

Halliday, Resnick e Walker (Ed.10, v.1, p.223, 2016) afirmam que o deslocamento ocorre “se uma partícula se move de tal forma que o vetor posição muda de 1 para 2”, desta forma o deslocamento $\Delta\vec{r}$ da partícula é dado por:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 + \vec{r}_1 \quad \text{Eq.1}$$

Analisando a FIGURA 02, onde temos um carro de corrida se deslocando, é possível fazermos uma grande quantidade de observações, como ponto de partida, o ponto de chegada, o eixo de deslocamento, o deslocamento total e tempo percorrido, o referencial e a velocidade média. Ou seja, as grandezas Físicas necessárias para se compreender o movimento.

FIGURA 02: Esquema de um carro de corrida em um determinado deslocamento



Fonte: Young e Freedman. (p.36, 2008)

3.4. FORÇA DE ATRITO

Young e Freedman (Ed.12, p.148, 2008) descrevem força de atrito como uma força de contato. “Quando dois corpos interagem por contato (toque) direto entre duas superfícies, tratamos essa interação como força de contato. (...)”.

O atrito está presente sempre que existe o contato entre dois corpos, agindo de forma diferente de acordo com a situação, podendo ser classificado como atrito estático ou atrito cinético, como veremos no tópico 3.4.1.

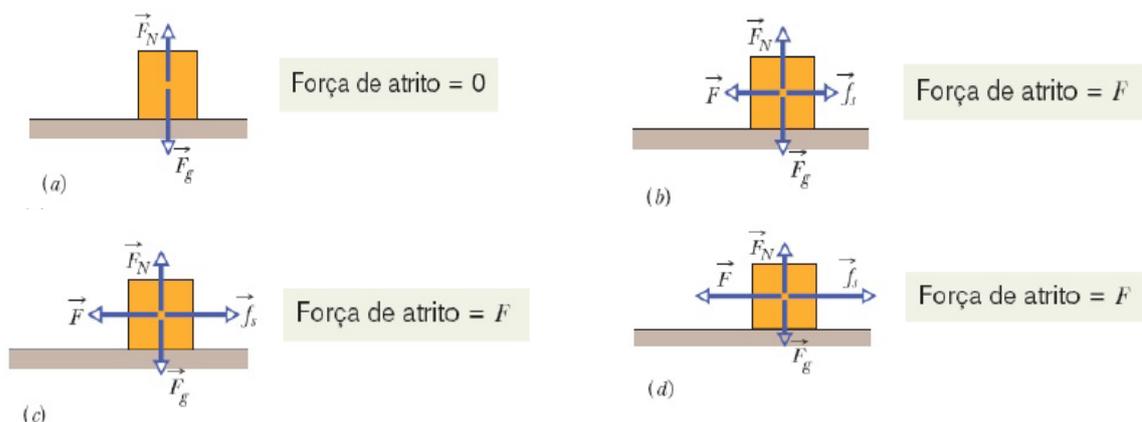
3.4.1. Atrito Estático e Atrito Cinético

De acordo com Halliday, Resnick e Walker:

Quando empurramos ou tentamos empurrar um corpo que está apoiado em uma superfície, a interação dos átomos do corpo com os átomos da superfície faz com que haja uma resistência ao movimento. A resistência é considerada como uma única força que recebe o nome de força de atrito, ou simplesmente atrito. Essa força é paralela à superfície e aponta no sentido oposto ao do movimento ou tendência ao movimento. (Ed. 10, v.1, p.289, 2016)

A força de atrito sempre surge ao tentarmos mudar o estado de inércia de um corpo. Tal força é sempre paralela e opostora ao movimento. Para um corpo em repouso, a força que atua sobre ele é a força de atrito estático, representada pelo símbolo \vec{f}_s . Já no caso de o corpo em movimento, surge a força de atrito cinético, representada pelo símbolo \vec{f}_k .

FIGURA 03: Atrito estático e ação do mesmo em algumas situações. Em todos os casos, não haverá movimento.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.338, 2016)

Legenda: (a) Situação onde nenhuma força horizontal é aplicada;

(b) A força aplicada \vec{F} é equilibrada pela força de atrito \vec{f}_s ;

(c) A força aplicada é maior, mas continua sendo equilibrada pela força de atrito;

(d) A força aplicada é ainda maior, mas continua a ser equilibrada pela força de atrito.

É importante que tenhamos em mente que as forças de atrito estão presentes em nossas vidas de forma inevitável. Lutamos contra elas quase que o tempo inteiro, pois se não fossemos

capazes de superá-las, as mesmas fariam com que não houvesse movimento. Mas por outra perspectiva, sem o atrito, era impossível o automóvel se mover, assim como não seríamos capazes de sair do lugar.

Habitualmente a força e atrito cinético é menor do que a força de atrito estático. Dessa forma, para que você consiga mover um objeto sobre uma superfície mantendo uma velocidade constante, possivelmente terá que diminuir a intensidade da força aplicada inicialmente para coloca-lo em movimento.

Fazendo uma análise mais microscópica, a força de atrito nada mais é do que a soma vetorial de várias forças que atua entre as partículas da superfície e as partículas do corpo.

Quando um corpo seco não lubrificado é colocado em contato com uma superfície nas mesmas condições e uma força é imposta sobre ele para que o mesmo se mova sobre a superfície, a força de atrito resultante apresenta três propriedades:

- 1º: Caso não ocorra movimento, o atrito estático e a força imposta possuem módulos iguais, sendo que o atrito tem o sentido oposto a força imposta, anulando-se mutuamente.
- 2º: Caso o módulo da força imposta for igual a força máxima de atrito, o corpo começará a deslizar sobre a superfície.
- 3º: Quando o corpo começar a se mover, o módulo da força de atrito irá se modificar de estática para cinética, o que faz com que este módulo diminua rapidamente.

Mas a força de atrito tem um valor máximo, portanto para que consigamos colocar um objeto em movimento é preciso aplicar sobre ele uma força maior do que este valor máximo.

Para se calcular as forças de atrito estático máxima ou cinético, é preciso levar em consideração a força normal e seu coeficiente de atrito (estático ou cinético) como apresentado abaixo:

$$\text{Força de atrito estático} \quad \vec{f}_k = \mu_k \cdot \vec{F}_N \quad \text{Eq.2}$$

$$\text{Força de atrito cinético} \quad \vec{f}_s = \mu_s \cdot \vec{F}_N \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

μ = coeficiente de atrito.

N= Força Normal

3.5. GRANDEZAS QUE ENVOLVEM O MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

Antes de abordarmos o conceito de MRU devemos abordar as grandezas Físicas que envolvem este fenômeno, como: posição, deslocamento, distância, tempo e velocidade média.

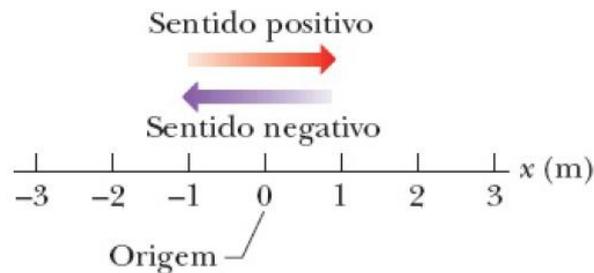
Para Halliday, Resnick e Walker:

Localizar um objeto significa determinar a posição do objeto em relação a um ponto de referência, quase sempre a origem (ou ponto zero) de um eixo, como o eixo x da FIGURA 04. O sentido positivo do eixo é o sentido em que os números (coordenadas) que indicam a posição dos objetos aumentam de valor. Na grande maioria dos casos, esse sentido é para a direita [...]. O sentido oposto é o sentido negativo. (Ed.10, p.78, 2016)

Para os autores, o deslocamento acontece, simplesmente quando existe uma mudança de posição da partícula de um ponto x_1 para um ponto x_2 , assim:

$$x_2 - x_1 = \Delta x \quad \text{Eq.4}$$

FIGURA 04: Descrição do movimento de uma partícula



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.78, 2016)

Caso a partícula se mova para a direita, diremos que a mesma descreve um movimento positivo, caso este movimento se dê para esquerda, negativo. Ao se falar em deslocamento, não se pode ignorar que a posição de uma partícula é vetorial e, portanto necessita de um sistema de coordenadas.

Outra grandeza Física a ser abordada é a Velocidade Média. Young e Freedman dizem que “às vezes, a velocidade média é tudo o que precisamos para conhecer o movimento de uma partícula”, referindo-se a um movimento que ocorra em um espaço retilíneo, onde é possível medir a variação da posição (Δs) e a variação do tempo (Δt) gasto para percorrê-lo.

Porém, a velocidade média, por si só, não permite definir os módulos do deslocamento e nem o sentido do mesmo em cada medida de espaço. Para isso é indispensável definir qual é a velocidade real de um corpo em um tempo específico e para chegar a ela é preciso calcular a velocidade média $V_{mx} = \Delta x / \Delta t$ fazendo com que o deslocamento e o tempo sejam cada vez menores. É importante entender que mesmo que Δx e Δt seja cada vez menor não significa que a razão entre eles também siga este padrão.

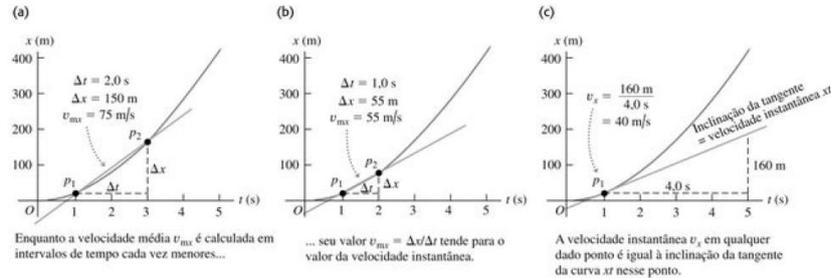
Matematicamente, a velocidade instantânea é o limite entre $\Delta x / \Delta t$ quando o tempo se aproxima de zero. Tal análise permite deduzir que o cálculo se dará através de uma derivada:

$$V_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad \text{Eq.5}$$

Para conseguirmos saber a velocidade de uma partícula ou um corpo, podemos utilizar o gráfico de seu deslocamento (Δx) em função do tempo gasto (Δt) fazendo o uso de uma

derivada (Eq.13). A velocidade instantânea se dá através da reta tangente, como podemos ver na FIGURA 05:

FIGURA 05: Cálculo da velocidade através de gráficos



Fonte: Young e Freedman. (p.41, 2008)

Na FIGURA 05 todo o gráfico se refere à variação do espaço pela variação do tempo. Na FIGURA 05(a), mostra uma situação onde o cálculo é feito pela inclinação da reta secante. Na FIGURA 05(b), com intervalos cada vez menores, com o intervalo de tempo tendendo a zero, o valor da velocidade aproximar-se do valor da velocidade instantânea. E na FIGURA 05(c) utilizado da inclinação da tangente, pode-se obter através da derivação o valor da velocidade instantânea em qualquer ponto.

3.6. MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

O conceito básico do MRU é o de uma partícula que se desloca no espaço em um movimento unidimensional com velocidade constante.

De acordo com Muniz e Castrilho (2013) o conceito já era conhecido pelos Gregos:

Os gregos antigos tinham ideia do movimento uniforme, mas não puderam definir adequadamente o conceito de velocidade, pois achavam que espaço e tempo eram conceitos radicalmente distintos um do outro, de modo que não achavam correto dividir medida de espaço pela de tempo. Assim, definiam que um corpo está em movimento retilíneo uniforme quando ele percorre distâncias que são proporcionais aos tempos gastos em percorrê-las, ou seja, se em determinado trecho do seu movimento em linha reta o corpo percorre uma distância d_1 num tempo t_1 e, em outro trecho, percorre d_2 num tempo t_2 . (MUNIZ e CASTRILLO, Ed.3, p.35, 2013)

Ainda de acordo com os autores, os gregos já sabiam da necessidade de dividir o espaço pelo tempo, mas não achavam sentido nisso e portanto perderam a chance de enunciar o conceito de velocidade que utilizamos hoje para descrever o MRU. Para eles era mais pertinente utilizar a equação:

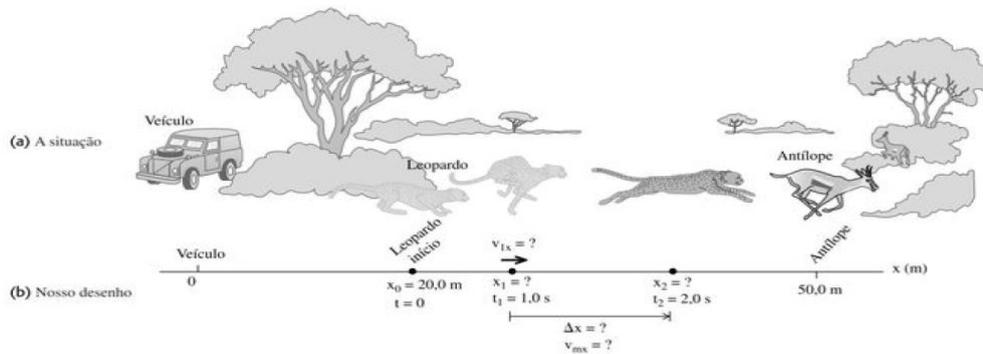
$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

Fazia mais sentido, na época não misturar as unidades de medidas. Mas aqui já podemos ver que se for feita uma simples reorganização, chegamos à equação hoje utilizada no Ensino Médio:

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{d_2}{t_2}$$

Onde em um movimento uniforme, o espaço percorrido estará inseparavelmente ligado ao tempo gasto para percorrê-lo.

FIGURA 06: Descrição de um M.R.U., onde um leopardo ataca um antílope.



Fonte: Young e Freedman. (p.40, 2008)

Em resumo a velocidade média de uma partícula é medida levando-se em consideração todo o deslocamento da mesma e o tempo utilizado para tal:

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{Eq.6}$$

Enquanto a velocidade instantânea, conhecida popularmente simplesmente como velocidade é dada quando a variação do tempo (Δt) se aproxima de zero:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = \frac{dz}{dt} \quad \text{Eq.7}$$

Na Eq.15, como o limite da variação do tempo tende a zero, que é a derivada do espaço em relação ao tempo.

Para chegarmos à equação horária da posição de uma partícula, partindo da Eq.6 e explicitando suas variáveis, chegaremos à equação que é utilizada atualmente:

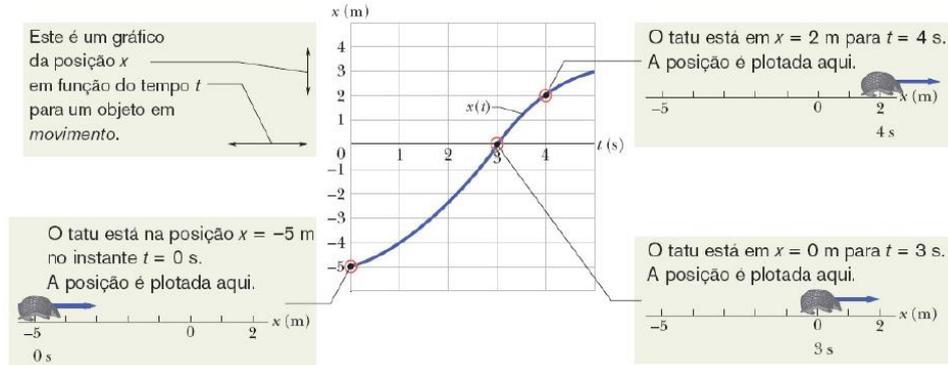
$$\begin{aligned} v_m &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ v_m &= \frac{x - x_0}{t - t_0} \\ v_m \cdot (t - t_0) &= x - x_0 \end{aligned}$$

Portanto:

$$x = x_0 + v_m \cdot (t - t_0) \quad \text{Eq.8}$$

Para fazer uma análise gráfica do movimento, será utilizado o exemplo exposto na FIGURA 07.

FIGURA 07. Gráfico exemplificando do movimento de um tatu



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.57, 2016)

Legenda: Deslocamento (x) em função do tempo (t) para um tatu em movimento onde as posições sucessivas do tatu são mostradas para três instantes de tempo.

Neste exemplo, um tatu está inicialmente na posição $x = -5$ m em relação à origem do referencial adotado. O tatu se desloca em direção à origem ($x=0$), alcançando-a após três segundos, e mantém-se em movimento, deslocando-se para cada vez mais distante da mesma.

A FIGURA 07 ilustra ainda o movimento do tatu através de desenhos das posições nos três momentos apresentados acima.

Fazendo apenas a análise gráfica observa-se que sua apresentação é mais abstrata do que os desenhos, mas serve para apresentar a rapidez do movimento do animal, uma vez que neste tipo de gráfico, a velocidade média do movimento é dada pela inclinação da reta que liga o ponto de partida $t=0$ e o ponto até onde o movimento está sendo observado t .

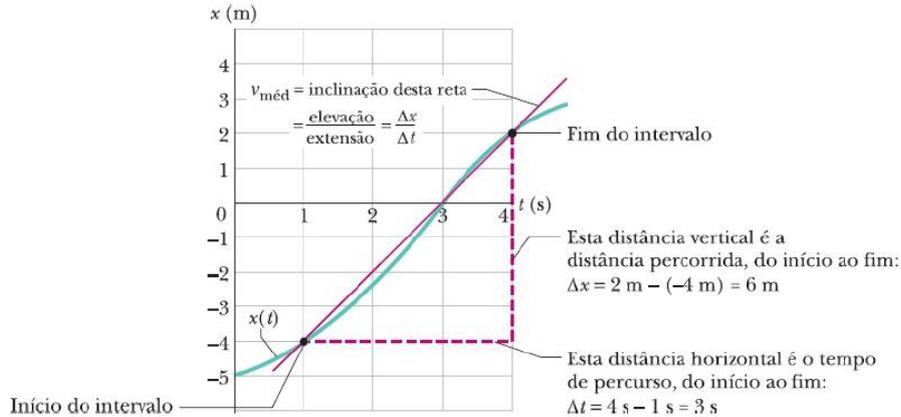
Ou seja, em um dos pontos teremos x_1 e t_1 e em outro teremos x_2 e t_2 e do mesmo jeito que o deslocamento no espaço é uma grandeza vetorial, a velocidade média também é e seu valor absoluto se dá pela inclinação da reta secante. Se a v_m tiver um valor positivo, a reta terá uma inclinação para cima, partindo da esquerda para direita e se o valor for negativo, ela terá uma inclinação para baixo, também da esquerda para direita.

É preciso, agora deixarmos claro a diferença entre velocidade média vem que é definida como “a rapidez” que uma partícula se move e velocidade escalar média que leva em consideração a distância total percorrida, indiferente de sua direção. Com essa diferenciação apresentada, temos então que:

$$v_m = \frac{\text{distância total}}{\Delta t} \quad \text{Eq.9}$$

Então, já que a velocidade escalar média não é influenciada pela orientação do movimento, ela terá sempre um valor positivo (FIGURA 08).

FIGURA 08: Gráfico demonstrando a velocidade média



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.59, 2016)

Legenda: Gráfico $x(t)$ onde para determinar a velocidade é necessário traçar uma reta entre o início do movimento e o fim do intervalo de tempo analisado.

3.7. ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA

Enquanto a velocidade média é a relação entre a variação da velocidade e a variação do tempo, a aceleração instantânea, ou simplesmente, aceleração, é igual a derivada primeira da velocidade $v(t)$ em relação ao tempo ou à derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{Eq.10}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{Eq.11}$$

3.8. MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

O que difere o MRU do MRUV é que no primeiro, consideramos que a velocidade de deslocamento de um ponto a outro é constante, enquanto no segundo, surge uma nova grandeza Física: a aceleração. Que de acordo com Young e Freedman:

Assim como a velocidade indica a taxa de variação da posição com o tempo, a aceleração descreve uma taxa de variação da velocidade com o tempo. Como a velocidade, a aceleração também é uma grandeza vetorial. No movimento retilíneo, seu único componente diferente de zero está sobre o eixo ao longo do qual o movimento ocorre. (Ed.12, p.41, 2008)

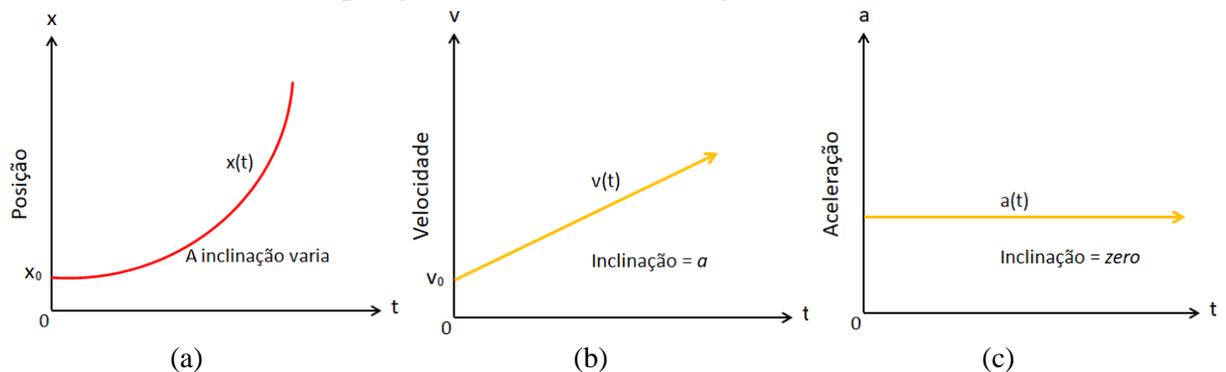
Portanto, quando a velocidade de uma partícula varia, dizemos que a a partícula sofreu uma aceleração. Para o movimento que ocorre ao longo de um eixo a aceleração média $a_{méd}$ é a variação da velocidade de acordo com o tempo.

$$a_{méd} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad \text{Eq.12}$$

Explicitando v , considerando o $t_0=0$ $v = v_0 + a_{méd} \cdot t$ Eq.13

Em diversos tipos de movimento, pode-se considerar que a aceleração é constante ou bem próxima disso. Desta forma, podemos usar como exemplo um motorista que trafega e a sua frente tem um semáforo. Quando o semáforo fica vermelho, por exemplo, é possível que o motorista desacelere a uma taxa quase constante, assim como quando o sinal fica verde, ele pode acelerar com a seu carro com uma taxa também próxima de um módulo constante. Nesse caso, (quando o sinal fica verde) ao analisarmos os gráficos da posição, da velocidade e da aceleração, conforme apresentados na FIGURA 09 podemos compreender melhor o movimento.

FIGURA 09: Gráficos de posição, velocidade e aceleração.



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Legenda: (a) A posição $x(t)$ de uma partícula movendo-se com aceleração constante;

(b) A velocidade da partícula $v(t)$;

(c) A aceleração constante $a(t)$ de partícula.

Para a função velocidade unidimensional da Eq.13, a velocidade média em qualquer intervalo de tempo será é a média aritmética da velocidade no início do movimento até a velocidade no final do movimento. Assim, para um intervalo de tempo igual à zero até um momento posterior a velocidade média será:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot (v_0 + v) \quad \text{Eq. 14}$$

Substituindo a velocidade na Eq.13, teremos:

$$v_m = v_0 + \frac{1}{2} at \quad \text{Eq. 15}$$

Para finalizar, substituindo-se a Eq.15 na Eq.8, obteremos:

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{Eq. 16}$$

Observe que a equação se limita a $x=x_0$ para $t = 0$, como era esperado. Uma verificação complementar pode ser feita derivando a Eq. 16. Observaremos que a mesma dará como resultado a Eq.13.

As equações até aqui apresentadas são básicas para movimentos com aceleração constante e resolvem a grande maioria de problemas e exercícios de MRUV, porém é possível através de deduções adquirirmos outras equações que podem ser de extrema utilidade em alguns casos específicos.

Se observarmos um problema onde teremos uma aceleração constante, concluiremos com facilidade que o mesmo pode conter até cinco grandezas: $x - x_0$, v , t , a e v_0 . Como a grande maioria dos problemas de Física, normalmente, uma dessas grandezas não é dada no problema e é que precisamos descobrir.

As equações até agora trabalhadas apresentam, cada uma, quatro das grandezas mencionadas acima, mas não as mesmas.

Na Eq.13, falta deslocamento, já na Eq. 16, falta à velocidade. Mas combinado as duas, é possível deduzir três novas equações, sendo que cada uma irá envolver quatro grandezas diferentes. Primeiramente, eliminando o tempo, obtém-se a Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad \text{Eq. 17}$$

Essa equação tem muitas utilidades para problemas onde não nos é fornecido o tempo.

Agora eliminando a aceleração:

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t \quad \text{Eq. 18}$$

E por último, eliminando a v_0 :

$$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2 \quad \text{Eq. 19}$$

Observe que existe uma pequena, mas importante diferença entre a Eq. 16 onde temos v_0 e a Eq.19 onde temos v em um determinado instante t .

Ao analisarmos as Eq.13 e Eq.14, notamos que as duas são a base para que as demais fossem deduzidas. Em caso de aceleração constante, ambas podem ser obtidas a partir da integração da definição de aceleração (Eq.11). Assim:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$dv = a \cdot dt$$

Calculando a integral indefinida

$$\int dv = \int a \, dt \quad \text{Eq. 20}$$

Sendo a um valor constante, ele é retirado da integração, portanto:

$$\int dv = a \int dt \quad \text{Eq. 21}$$

Ou

$$v = at + C \quad \text{Eq. 22}$$

Para definirmos a constante de integração C , consideramos o tempo igual a zero e a velocidade inicial como a velocidade neste instante. Assim obtemos:

$$v_0 = (a)(0) + C = C \quad \text{Eq. 23}$$

Para demonstrar a Eq.16 através da integração, iniciamos escrevendo a definição de velocidade e integramos os dois lados:

Integrando

$$\int dx = \int v \, dt$$

Substituindo v pelo seu valor na Eq.11

$$\int dx = (v_0 + at) \, dt$$

Sendo v_0 e a constantes

$$\int dx = v_0 \int dt + a \int dt$$

Assim:

$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 + C'$$

Sendo C' outra constante de integração, para defini-la consideramos $t=0$ e a posição neste instante será x_0 .

3.9. MOVIMENTO PERIÓDICO

Segundo o Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo:

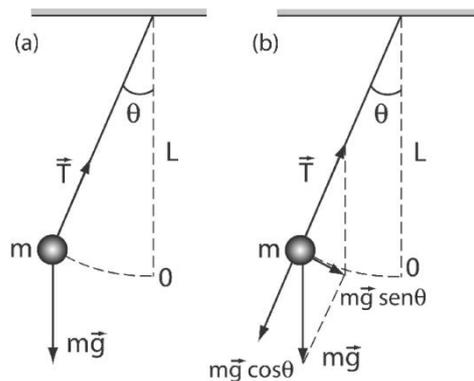
Movimento periódico é o movimento de um corpo que retorna regularmente para uma posição após um intervalo de tempo fixo. Podemos identificar vários tipos de movimento periódico em nosso dia a dia, como por exemplo, o movimento de uma criança em um balanço no parque ou o pêndulo de um relógio antigo que oscila de um lado para o outro. (UFES)

Estes movimentos estão muito presentes em nosso cotidiano e em inúmeros fenômenos naturais, tendo como características principais, ocorrerem de forma análoga em intervalos de tempo iguais, o que chamamos de período.

Um exemplo simples e provavelmente conhecido pela grande maioria da população, é o pêndulo simples que é basicamente composto por um objeto capaz de fazer oscilações em torno de um ponto de equilíbrio preso a um fio. A FIGURA 10 é a representação esquemática

da oscilação de um pêndulo simples e as forças que atuam sobre ele, assim como o ângulo de oscilação e seu comprimento ℓ .

FIGURA 10: Representação de um pêndulo simples.



Fonte: Barbosa Carvalhães e Costa. (p.250, 2006.)

Legenda: (a) representa um pêndulo no instante inicial e as forças que agem sobre partícula de massa m em sua extremidade.

(b) mostra as componentes radiais e tangenciais da força peso que atua sobre a partícula.

A força restauradora F_R , (Recorrendo à 2ª Lei de Newton, dizemos que a força resultante atuante sobre um pêndulo simples é o produto de sua massa e aceleração, que neste caso é a gravidade) é a componente tangencial da força resultante, o que nos permite calcular a frequência angular ω do movimento para pequenas amplitudes.

A aceleração tangencial também para frequências pequenas pode ser obtida pela equação:

$$a_t = -\omega^2 \cdot x \quad \text{Eq.24}$$

Onde:

ω = é a frequência de oscilação

x = arco de circunferência.

A frequência de oscilação é calculada pela equação:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \quad \text{Eq.25}$$

Onde:

g = gravidade local

ℓ = comprimento do fio

Caso o movimento circular seja uniforme, o período T do movimento é dado por:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (\text{angulo em radianos}) \quad \text{Eq.26}$$

Já a frequência angular de oscilação, é:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}} \quad \text{Eq.27}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad \text{Eq.28}$$

Como se pode observar, os valores tanto do período como da frequência não considera a massa do objeto preso na ponta do pêndulo. Para pequenas oscilações, o importante são os valores da gravidade e do comprimento do fio. Porém, em casos onde a amplitude é consideravelmente grande, pode ocorrer um desvio do comportamento harmônico que não pode ser ignorado e, portanto o período deve ser representado por uma série infinita com deslocamento angular máximo θ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \left[1 + \frac{1}{2^2} \text{sen}^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{3^2}{4^2} \text{sen}^4 \left(\frac{\theta}{2} \right) + \dots \right] \quad \text{Eq.29}$$

Com esta equação, é possível calcular a frequência com precisão, bastando para tal utilizarmos a quantidade correta de termos na série.

Para a obtenção da Força, partimos da equação da 2ª Lei de Newton e substituímos a aceleração pela Eq.24:

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ F &= m \cdot (-\omega^2 \cdot x) \\ F &= -m \cdot \omega^2 \cdot x \end{aligned} \quad \text{Eq.30}$$

Considerando que tanto a frequência ω como a massa m , para um determinado movimento harmônico são constantes, é possível substituí-las por k que é a constante de força do movimento k , desta forma a equação final da força fica:

$$F = -k \cdot x \quad \text{Eq.31}$$

3.10. MOVIMENTO EM DUAS DIMENSÕES

Halliday, Resnick e Walker dizem que o estudo em duas ou três dimensões não é algo de fácil compreensão, segundo eles:

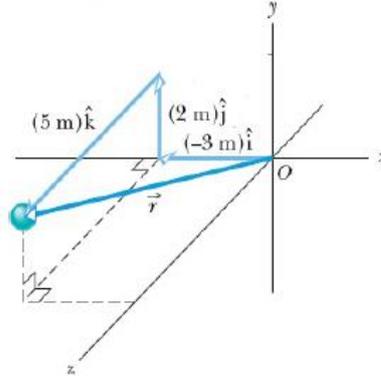
Não é fácil compreender os movimentos em três dimensões. Por exemplo: o leitor provavelmente é capaz de dirigir um carro em uma rodovia (movimento em uma dimensão), mas teria muita dificuldade para pousar um avião (movimento em três dimensões). (Ed.10, p.163, 2016)

Para que possamos saber a localização de uma partícula em determinado espaço, devemos especificar, de uma forma genérica onde ela se encontra por meio de seu vetor posição \vec{r} , que será um vetor que liga o seu ponto de referência até sua localização. Assim, inicia-se o processo de localização utilizando a notação dos vetores unitários, onde \vec{r} é dado por:

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k} \quad \text{Eq.38}$$

Onde o vetor \vec{r} é composto pelas letras x, y e z que são as componentes escalares desta posição.

FIGURA 14: Representação onde o vetor \vec{r} é a soma vetorial das componentes verticais.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (v.1, p.164)

Na FIGURA 14 as componentes x, y e z nos apresentam onde está localizada a partícula em relação a sua origem ao longo dos eixos, ou seja, elas são as coordenadas retangulares da partícula. Neste caso podemos descrever o vetor posição como sendo:

$$\vec{r} = (-3m)\hat{i} + (2m)\hat{j} + (5m)\hat{k} \quad \text{Eq.39}$$

Traduzindo a equação, podemos dizer que no eixo x a partícula se encontra a 3 metros de distância da origem no sentido oposto ao vetor unitário \hat{i} . No eixo y a mesma se encontra a 2 metros no mesmo sentido que o eixo unitário \hat{j} e a 5 metros no sentido \hat{k} .

Se uma partícula se move, seu vetor posição irá variar de uma forma que sempre ligará o ponto de origem ao da partícula no momento observado. Ou seja, se o vetor mudar de \vec{r}_1 para \vec{r}_2 durante um determinado intervalo de tempo Δt , seu deslocamento vetorial $\Delta\vec{r}$ em um determinado intervalo de tempo será:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \quad \text{Eq.40}$$

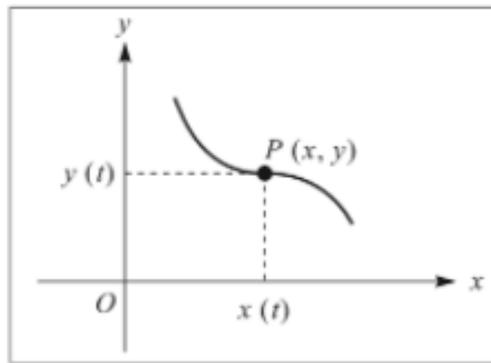
Utilizando a notação de vetores unitários, é possível descrever tal deslocamento como:

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k} \quad \text{Eq.41}$$

Onde as coordenadas (x_1, y_1, z_1) referem-se ao vetor \vec{r}_1 e as coordenadas (x_2, y_2, z_2) se referem ao vetor \vec{r}_2 .

Como podemos observar (FIGURA 15) é possível definirmos a posição de uma partícula em um plano utilizando dois parâmetros que serão suas coordenadas em relação ao seu referencial inercial caso adotemos as coordenadas cartesianas, como temos feito até aqui. Neste caso, o movimento da partícula estará relacionado ao par de funções $[x(t), y(t)]$.

FIGURA 15: Esquema do movimento de uma partícula em um único plano.

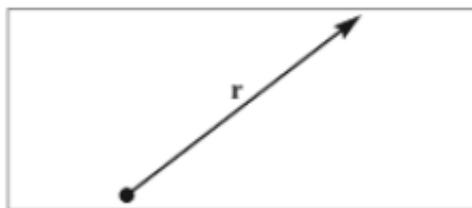


Fonte: Nussenzveig. (p.61, 2013)

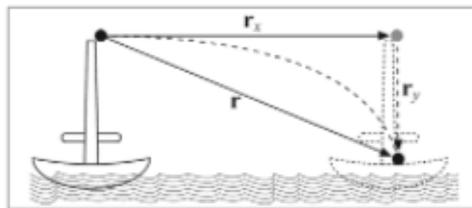
Onde $x(t)$ será a abscissa e $y(t)$ a posição da partícula em um determinado Δt . Nesta situação, quando a partícula P se move pelo plano suas projeções nos eixos x e y também se movem. Ou seja, passamos a ter ao invés de um movimento bidimensional, dois movimentos unidimensionais, o que pode facilitar a compreensão.

Conhecer e saber utilizar os vetores nestes casos é Fundamental. Uma vez que o movimento, seja qual for, é composto por um ou mais vetores para descrição de sua trajetória. Vejamos alguns exemplos (FIGURA 16):

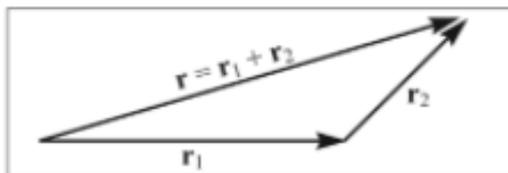
FIGURA 16: Vetores deslocamento em três situações



Deslocamento como vetor



Composição de deslocamentos



Deslocamento resultante

Fonte: Nussenzveig. (p.62, 2013)

3.11. MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU)

O Movimento Circular uniforme é caracterizado como um movimento onde um móvel se desloca ao longo de uma circunferência com uma velocidade escalar constante: “Se uma partícula se move ao longo de uma circunferência de raio r com velocidade escalar constante v ,

dizemos que ela está descrevendo um movimento circular uniforme.” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, Ed.10, V.1, p.190, 2016)

Assim para descrever, analisar e trabalhar com o movimento circular, não se pode trabalhar apenas com as grandezas apresentadas para movimentos lineares. Portanto faz-se necessário a introdução de novas grandezas, chamadas de grandezas angulares que são medidas em radianos:

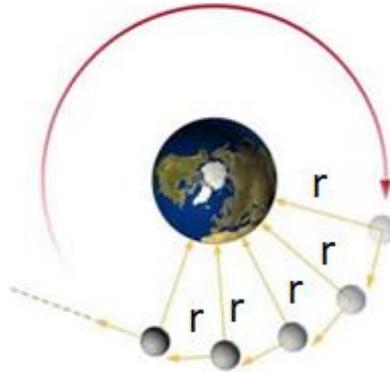
Deslocamento angular: φ

Velocidade angular: ω

Aceleração angular: α

Para demonstrar estas novas que são inseridas quando se trata de Movimento Curvilíneo, pode-se utilizar como exemplo o Movimento de Rotação da Terra (FIGURA 11) que possui suas grandezas do movimento circular bem definidas, além de ser de conhecimento dos estudantes, fazendo com que seja um ótimo exemplo.

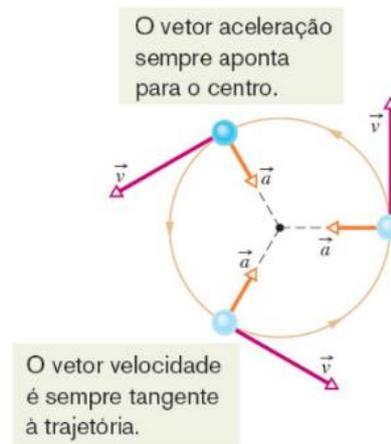
FIGURA 11: Movimento circular da lua em torno da Terra



Fonte: Silva. (2022)

Durante o movimento circular uniforme uma partícula descreve uma trajetória em forma de uma circunferência ou um arco de circunferência onde sua velocidade escalar se mantém constante. Mas embora sua velocidade escalar não sofra alteração, dizemos que a partícula está sofrendo aceleração, pois a direção do vetor velocidade está se alterando.

FIGURA 12 – Vetores velocidade e aceleração de uma partícula em MCU



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.191, 2016)

Como mostrado na FIGURA 12 tanto o vetor velocidade como o vetor aceleração permanecem com os valores (ou tamanhos) constantes, mas sua orientação se modifica a cada instante. É possível observar que o vetor velocidade está sempre na direção tangencial à circunferência, mas acompanha o sentido do movimento, enquanto a aceleração está na direção radial e sempre voltada para o centro da circunferência. Esta aceleração recebe o nome de aceleração centrípeta, que significa “que busca o centro” e é representada por \mathbf{a}_c .

$$\text{Aceleração Centrípeta} \quad a_c = \frac{v^2}{r} \quad \text{Eq.31}$$

Onde:

v = velocidade de deslocamento da partícula

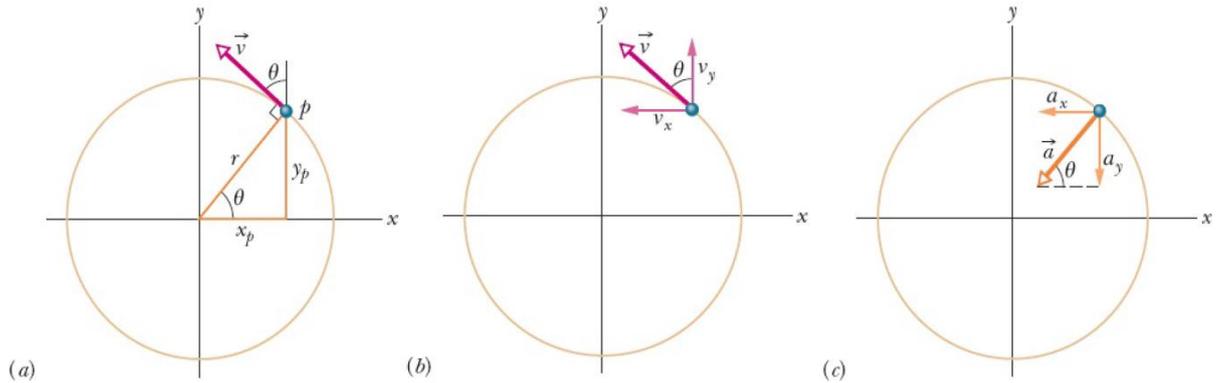
r = raio da circunferência

Quando uma partícula completa uma rotação completa, dizemos que ela percorreu uma distância de $2\pi r$. O tempo gasto para que isso ocorra é chamado de período de revolução ou simplesmente, período, cuja equação é:

$$\text{Período} \quad T = \frac{2\pi r}{v} \quad \text{Eq.32}$$

A fim de determinarmos o módulo e a orientação da aceleração no MCU da partícula, utilizaremos como base a FIGURA 13.

FIGURA 13: Uma partícula p em MCU no sentido anti-horário.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. (p.193, 2016)

Legenda: (a) Posição e velocidade da partícula em um dado momento;
 (b) Velocidade;
 (c) Aceleração.

Iniciando pela FIGURA 13(a), temos uma partícula se movendo com uma velocidade escalar constante enquanto se desloca por uma circunferência de raio genérico r . No momento observado, as coordenadas da partícula são x_p e y_p , lembrando que sua velocidade neste tipo de movimento é sempre tangencial a trajetória da partícula na posição observada, ou seja, ela é perpendicular a uma reta ligando a mesma ao centro da circunferência. Assim, o ângulo θ que a velocidade faz com uma reta que a liga ao eixo y é igual ao ângulo que o raio faz com o eixo x .

Já na FIGURA 13(b) mostra as componentes escalares da velocidade, que podem ser apresentadas como:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$$

Assim:
$$\vec{v} = (-v \cdot \text{sen}\theta) \hat{i} + (v \cdot \text{cos}\theta) \hat{j} \quad \text{Eq.33}$$

Ainda analisando a FIGURA 13 (a) nota-se que é possível substituir $\text{sen}\theta$ por y_p/r e $\text{cos}\theta$ por x_p/r e assim obtemos a equação:

$$\vec{v} = \left(-\frac{v \cdot y_p}{r}\right) \hat{i} + \left(\frac{v \cdot x_p}{r}\right) \hat{j} \quad \text{Eq.34}$$

Portanto, para determinar a aceleração \vec{a} da partícula é necessário realizar o cálculo da derivada da Eq.34 em relação ao tempo. Lembrando que a velocidade escalar v e o raio da circunferência r são constantes, ou seja, não irão variar com o tempo. Desta forma:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(-\frac{v}{r} \cdot \frac{dy_p}{dt}\right) \hat{i} + \left(\frac{v}{r} \cdot \frac{dx_p}{dt}\right) \hat{j} \quad \text{Eq.35}$$

Atente-se que a taxa de variação com o tempo de y_p , dy_p/dt , é análoga à componente y da velocidade, v_y .

Igualmente, $dx_p/dt = v_x$, e, retornando a FIGURA 13(b) teremos que $v_x = v \cdot \cos\theta$ e $v_y = v \cdot \sin\theta$. Assim, realizando estas permutas na Eq.35, teremos:

$$\vec{a} = \left(-\frac{v^2}{r} \cdot \cos\theta\right) \hat{i} + \left(-\frac{v^2}{r} \cdot \sin\theta\right) \hat{j} \quad \text{Eq.36}$$

O vetor aceleração e suas componentes são apresentados na FIGURA 13(C) e usando cálculo do módulo do vetor aceleração a equação de soma de vetores:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{(\cos\theta)^2 + (\sin\theta)^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{1} = \frac{v^2}{r}$$

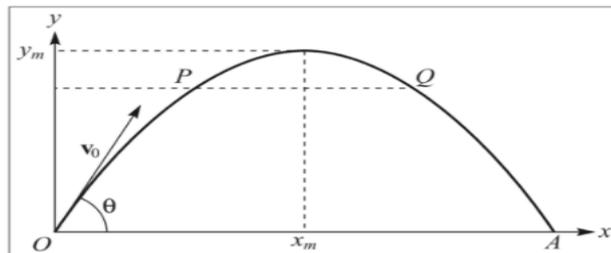
Para definirmos o valor da aceleração, calculamos o ângulo θ da FIGURA 30:

$$\tan\theta = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-(v^2/r) \cdot \sin\theta}{-(v^2/r) \cdot \cos\theta} = \tan\theta \quad \text{Eq.37}$$

3.12. LANÇAMENTO EM DUAS DIMENSÕES

Uma aplicação muito importante e amplamente utilizada tanto na vida cotidiana como em caráter militar é o lançamento de projéteis próximo à superfície terrestre. Nestas situações, consideraremos a Terra como plana e a aceleração da gravidade como constante (O que não seria aceitável para mísseis intercontinentais, claro!) e também iremos menosprezar a resistência do ar. Tal movimento apresentará sempre uma trajetória parabólica, conforme apresentado na FIGURA 17.

FIGURA 17: Trajetória parabólica de um lançamento oblíquo



Fonte: Nussenzveig. (p.74, 2013)

Na FIGURA 17, temos o lançamento de uma partícula em duas dimensões, onde o y representa o vetor vertical e x o vetor horizontal. A partícula é lançada com uma velocidade inicial v_0 de um determinado ângulo θ formado entre os vetores V_x e V_y . Como a coordenada vertical foi escolhida para cima, no sentido contrário à gravidade, temos que: $a = -g$:

$$a = -g\hat{j} \quad \text{Eq.42}$$

Para que o movimento ocorra podemos imaginar a formação de um triângulo retângulo e desta forma deduzirmos a velocidade do projétil no eixo x e no eixo y como sendo:

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\theta \text{ e } v_{0y} = v_0 \cdot \sin\theta \quad \text{Eq.43}$$

Substituindo as equações 43 nas equações 16 e 22, obtemos as equações das velocidades v_x e v_y :

$$v_x = v_0 \cdot \cos\theta \cdot t \quad \text{Eq.44}$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{Eq.45}$$

Como podemos perceber, ao deduzirmos as equações, fica explícito que o movimento do projétil em duas dimensões, terá em sua componente x um MRU, enquanto sua componente y é um MUV, onde o valor da gravidade será negativo durante todo o movimento. Assim a equação geral da trajetória será obtida isolando-se t na Eq.44 e substituindo na Eq.45:

$$y = tg\theta \cdot x - \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2\theta} \quad \text{Eq.46}$$

Para se chegar à altura máxima do projétil, devemos levar em consideração o momento em que isso ocorrer, t_m , e sua velocidade na vertical, desta forma chegamos à equação:

$$t_m = \frac{v_0 \cdot \sin\theta}{g} \quad \text{Eq.47}$$

O que fazendo a junção com a Eq.46 nos permite chegar à equação da altura máxima:

$$y_m = v_0 \cdot \sin\theta \cdot \frac{v_0 \cdot \sin\theta}{g} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{v_0^2 \cdot \sin^2\theta}{g^2}$$

$$y_m = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2\theta}{2g} \quad \text{Eq.48}$$

Quanto ao tempo total do projétil no ar, o tempo máximo t_m pode ser encontrado utilizando a Eq.45 que nada mais é do que uma função de segundo grau, onde o primeiro valor será zero, o que corresponde ao ponto de lançamento e a altura máxima será:

$$t = \frac{2v_0 \cdot \sin\theta}{g} = 2t_m \quad \text{Eq.49}$$

Ou seja, o tempo gasto para o projétil atingir sua altura máxima, é o mesmo tempo gasto para retornar ao solo.

Para obtermos a velocidade com que o projétil atinge o solo, trabalhamos com as equações 44 e 45:

$$\begin{cases} v_y = v_0 \sin\theta - gt = -v_0 \sin\theta \\ v_x = v_0 \cdot \cos\theta \end{cases} \rightarrow |\mathbf{v}| = |\mathbf{v}_0| \quad \text{Eq.50}$$

Podemos também escrever a velocidade em função da altura y do projétil utilizando a equação:

$$v_y = \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2\theta - 2gy} \text{ sendo } v_x = v_0 \cdot \cos\theta \quad \text{Eq.51}$$

E para finalizar nossa análise do movimento bidimensional, vamos calcular o alcance máximo x_m . Para isso utiliza-se a equação:

$$x_m = v_0 \cdot \cos\theta \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin\theta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta) \quad \text{Eq.52}$$

Utilizando-se da relação trigonométrica $\sin 2\theta = 2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$, através dos valores dos senos e cossenos, podemos determinar utilizando a Eq.52 que o alcance será máximo quando o ângulo de lançamento for igual a 45° , como já dizia Galileu em seus Diálogos: “As amplitudes das parábolas descritas por projéteis disparados com a mesma velocidade, mas em ângulos de elevação acima e abaixo de 45° e equidistantes de 45° , são iguais entre si [...]”. (NUSSENZVEIG, 2013).

3.13. HIDROSTÁTICA

A hidrostática é o ramo da física que estuda os fluidos em repouso e as forças que atuam sobre eles. É uma área fundamental para compreender o comportamento dos líquidos e gases em equilíbrio, permitindo a análise de fenômenos como a pressão, a flutuação e a densidade dos fluidos.

3.13.1. Densidade

A densidade de um fluido é uma propriedade fundamental para compreender o seu comportamento e suas interações com outros corpos. A densidade é definida como a massa por unidade de volume de uma substância e é um dos parâmetros mais importantes na área da hidrodinâmica. Através do estudo da densidade de um fluido, é possível entender sua fluabilidade, sua capacidade de transmitir pressão e sua resposta a forças externas. De acordo com Young e Freedman, a densidade de qualquer material, seja fluido ou sólido é “definida como a massa por unidade de volume. Em português, um sinônimo de densidade é massa específica”. Para um material homogêneo, a densidade pode ser calculada utilizando a equação:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Eq.53}$$

Onde:

ρ : Densidade de um material homogêneo;

m: Massa do material;

V: Volume ocupado pelo material

Mas em alguns materiais, densidade varia de um ponto a outro no interior do material. Os exemplos apresentados por Young e Freedman são:

O corpo humano, que inclui gordura, de baixa densidade [...], e ossos, de alta densidade [...]. Dois outros exemplos são a atmosfera terrestre (que é menos densa em altitudes elevadas) e os oceanos (que são mais densos em profundidades elevadas). (Ed 14, p.82, 2016)

Nestas situações, a Eq. 53 descreverá apenas a densidade média do corpo.

A medida da densidade de um fluido é essencial tanto em aplicações práticas quanto na pesquisa científica. Na indústria, a densidade é frequentemente utilizada para controlar a qualidade de líquidos e gases, pois variações na composição podem afetar diretamente a densidade.

3.13.2. Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é um fenômeno físico essencial para a compreensão de diversos processos naturais e tecnológicos. Ela é definida como a força exercida pela coluna de ar presente na atmosfera sobre uma determinada superfície. A pressão atmosférica é resultado da combinação do peso do ar, que é comprimido devido à atração gravitacional da Terra.

Segundo Silva et al. (2015), a pressão atmosférica padrão ao nível do mar é de aproximadamente 1013,25 hectopascals (hPa) ou 1 atmosfera (atm). Nessa mesma linha, Santos (2017) menciona que a pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude, devido à redução da concentração e densidade do ar. Consequentemente, locais em altitudes elevadas, como montanhas, apresentam pressões atmosféricas menores em relação às regiões próximas ao nível do mar.

A influência da pressão atmosférica é evidente em diversas áreas, como na meteorologia. Segundo Rocha (2019), *“as variações na pressão atmosférica podem afetar o clima, resultando em mudanças de temperatura e alterações na formação de nuvens.”*

Em conclusão, a pressão atmosférica é um fenômeno complexo e de grande importância para diversas áreas científicas e tecnológicas. Seu entendimento é crucial para prever o clima, garantir a segurança no transporte aéreo e compreender os efeitos na saúde humana. Mais pesquisas e estudos são necessários para aprofundar nosso conhecimento sobre a pressão atmosférica e suas implicações em diferentes contextos.

3.13.3. Pressão hidrostática

A pressão hidrostática é um fenômeno fundamental na física dos fluidos e tem aplicações importantes em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, medicina e

oceanografia. Esse conceito está relacionado à distribuição de pressão em um fluido em repouso devido à força exercida pelo seu próprio peso. De acordo com Young e Freedman:

Um fluido exerce uma força perpendicular sobre qualquer superfície que esteja em contato com ele, como a parede do recipiente ou um corpo imerso no fluido. Essa é a força que pressiona suas pernas quando você as movimenta em uma piscina. Embora o fluido como um todo esteja em repouso, as moléculas que o constituem estão em movimento; as forças exercidas pelo fluido são oriundas das colisões moleculares com as superfícies vizinhas. (Ed 14, p.83, 2016)

Pensando em uma superfície imaginária no interior de um fluido, ele exercerá forças de mesma intensidade sobre os dois lados da superfície (o que manterá a superfície e o fluido em repouso). Considerando uma pequena superfície de área dA centralizada em um ponto do fluido; a força normal exercida pelo fluido sobre cada lado da superfície é dF_{\perp} . A pressão em um fluido é calculada pela equação:

$$P = \frac{dF_{\perp}}{dA} \quad \text{Eq.54}$$

Onde:

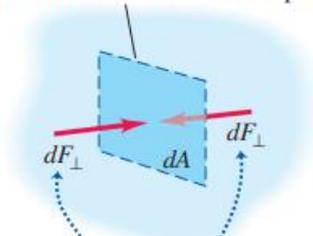
P : pressão em um ponto do fluido;

dF_{\perp} : Força normal exercida pelo fluido sobre uma pequena superfície nesse ponto;

dA : Área da superfície.

FIGURA 18. Forças atuando sobre uma pequena superfície dentro de um fluido em repouso

Uma pequena superfície de área dA
no interior de um fluido em repouso

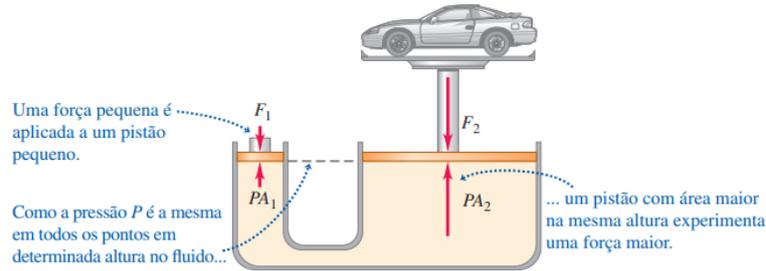


Fonte: Young e Freedman (p.83, 2016)

Legenda: A superfície não acelera, então o fluido circundante exerce forças normais iguais em ambos os lados da superfície. (O fluido não pode exercer qualquer força paralela à superfície, já que isso faria com que a superfície acelerasse.)

A pressão hidrostática é determinada pela densidade do fluido e pela altura da coluna de fluido acima do ponto de interesse. A pressão aumenta com a profundidade, de acordo com o princípio de Pascal, que estabelece que a pressão em um fluido é transmitida igualmente em todas as direções. Young e Freedman descrevem a Lei de Pascal como “a pressão aplicada a um fluido no interior de um recipiente é transmitida sem nenhuma diminuição a todos os pontos do fluido e para as paredes do recipiente.”

FIGURA 19: O elevador hidráulico é uma aplicação da lei de Pascal.
(Para maior clareza, o tamanho do recipiente que contém o fluido está exagerado.)



Fonte: Young e Freedman (p.86, 2016)

Na FIGURA 19, um pistão, onde a cuja seção reta possui uma área A_1 , exerce uma força F_1 sobre a superfície de um líquido. A pressão aplicada ($p = F_1/A_1$) é transmitida na íntegra até o pistão onde está o carro. Assim, a pressão exercida sobre os dois cilindros é a mesma, assim:

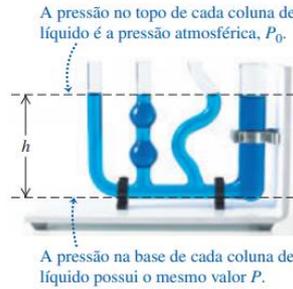
$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{e} \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 \quad \text{Eq. 55}$$

A importância da pressão hidrostática pode ser observada em várias situações práticas, como no projeto de tanques de armazenamento, na análise das propriedades da água em sistemas de abastecimento e na compreensão do comportamento dos fluidos nos vasos sanguíneos do corpo humano.

3.13.4. Vasos Comunicantes

Um dos conceitos-chave relacionados à pressão hidrostática é o princípio dos vasos comunicantes (FIGURA 20). Os vasos comunicantes são um importante conceito no estudo da hidrostática, permitindo compreender a distribuição de pressão em fluidos em diferentes recipientes interconectados. Sob o princípio dos vasos comunicantes, quando dois ou mais recipientes contendo fluido estão conectados entre si, o nível do fluido se iguala em todos eles, independentemente das dimensões e formatos dos vasos. Isso ocorre devido à capacidade do fluido de se ajustar e escoar em resposta às forças externas atuantes.

FIGURA 20. Modelo de um vaso comunicante, onde todas as colunas de fluido apresentam a mesma altura, independentemente de sua forma.



Fonte: Young e Freedman (p.85, 2016)

Legenda: A diferença entre P e P_0 é ρgh , onde h é a distância do topo à base da coluna de líquido.

Logo, todas as colunas apresentam a mesma altura.

O princípio dos vasos comunicantes e do teorema de Pascal está associado ao teorema de Stevin, que é a lei fundamental da hidrostática, que afirma que a variação da pressão entre dois pontos de um fluido homogêneo é determinada pelo produto entre a densidade do fluido, aceleração da gravidade e variação de altura entre esses pontos. O teorema diz que: “*A diferença de pressão entre os dois pontos de um líquido homogêneo em equilíbrio é constante, dependendo apenas do desnível entre esses pontos.*” (NUSSENZVEIG, 2015).

Essa propriedade dos vasos comunicantes é amplamente explorada na construção de sistemas hidráulicos, projetos de tubulações e até mesmo na compreensão do funcionamento de capilares sanguíneos em organismos vivos.

Matematicamente, o teorema de Stevin é apresentado pela equação:

$$P = P_0 + \rho gh \quad \text{Eq.56}$$

Onde:

P : Pressão na profundidade h em um fluido com densidade uniforme;

P_0 : Pressão na superfície do fluido;

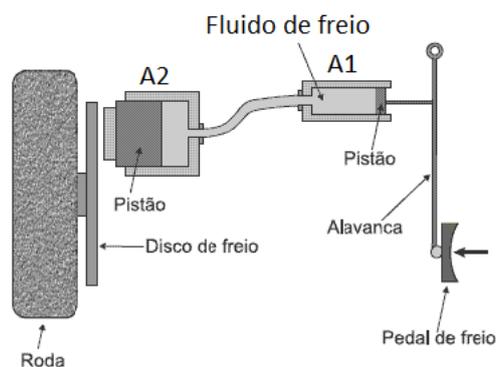
ρ : Densidade uniforme do fluido;

g : Aceleração decorrente da gravidade ($g > 0$)

h : Profundidade abaixo da superfície.

Um dos exemplos mais comuns de aplicação dos vasos comunicantes é o sistema de freios hidráulicos em veículos automotores (FIGURA 21). Nesse sistema, quando o motorista aciona o pedal de freio, uma força mecânica é convertida em uma pressão hidráulica transmitida através do fluido de freio até as rodas, provocando a redução da velocidade do veículo.

FIGURA 21. Sistema de freio hidráulico



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Esse processo só é possível porque a pressão colocada pelo motorista passa pelo primeiro pistão com área A_1 e é transmitida integralmente para o segundo pistão de área A_2 , graças ao princípio de Pascal.

Em resumo, a pressão hidrostática e o princípio dos vasos comunicantes são conceitos fundamentais na física dos fluidos, e suas aplicações práticas são amplamente reconhecidas em várias áreas do conhecimento. Compreender esses princípios e estudar sua influência em sistemas hidráulicos e biológicos é de extrema importância para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e para o avanço da medicina.

4. INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA - METODOLOGIA

Diversas são as dificuldades na componente Curricular Física dos estudantes encontradas quando ingressam no Ensino Médio. Os elaboradores desta pesquisa pretendem apresentar aos professores do Ensino Fundamental propostas de Roteiros Experimentais que possam ser realizadas sem grandes complicações e que permita aos estudantes conceituar fenômenos relacionados a Física e reconhecê-los em seu cotidiano, o que permitirá uma maior interação entre colegas e entre professor e estudantes, um diálogo com conceitos científicos entre os pares e superar as dificuldades. Silveira e Miltão descrevem bem esta hipótese ao afirmarem que:

[...] como os estudantes de 9º ano estão tendo o primeiro contato com a disciplina (Física), esta deve ser passada conceitualmente evitando um aprofundamento matemático ao abordar os conteúdos. Sempre que for abordado, é necessário relacionar tais conteúdos com o cotidiano dos estudantes. (SILVEIRA e MILTÃO, 2011, p.2)

O produto desta pesquisa foi aplicado para uma turma de 35 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental durante aulas de Ciências em uma escola pública do Município de Sete Lagoas/MG no ano de 2022. Os nomes dos estudantes foram substituídos por notação alfanumérica a fim de preservar a identidade dos mesmos.

Para a aplicação das Intervenções Pedagógicas de forma a não pular etapas, momentos ou conceitos a duração foi de aproximadamente duas aulas de 50 minutos para cada Roteiro Experimental. A aplicação seguiu um padrão, onde em um primeiro momento o professor-pesquisador apresenta o fenômeno físico a ser demonstrado e ouve a opinião dos estudantes, posteriormente é realizado o processo de montagem e execução do experimento. Ao final de cada experimento o professor-pesquisador propiciou novamente um momento de conversa com os estudantes para ouvir as opiniões de cada um e tentar verificar a eficácia do trabalho apresentado.

Durante as intervenções pedagógicas, com a finalidade de construir um diário de bordo, todo o processo foi registrado em forma de vídeo e/ou fotos para análises posteriores e ao final da aplicação, os estudantes foram convidados a responder a um formulário, que foi desenvolvido de forma padrão para todos os experimentos. Este questionário foi desenvolvido de forma coletiva por um grupo de professores e estudantes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UNIFAL/MG, que utilizaram de práticas experimentais para o ensino de Física.

Para compor o arcabouço de materiais dessa pesquisa, tanto os registros supracitados, como os questionários apoiaram a análise do trabalho desenvolvido através do levantamento de dados, onde foram levadas em consideração as opiniões dos estudantes sobre a didática e sugestões para os aprimoramentos em alguma das etapas e conclusões.

Nesta pesquisa utilizou-se uma metodologia quali-quantitativa tendo como base as respostas dos estudantes nos questionários aplicados após cada Intervenção Pedagógica. Desta forma, as respostas dos estudantes foram analisadas quantitativamente quanto ao grau de dificuldade na montagem dos aparatos experimentais e nas execuções dos experimentos e quanto as contribuições do experimento para sua melhor compreensão dos conceitos científicos apresentados. As análises qualitativas foram baseadas nas respostas dos estudantes no que se refere aos aspectos positivos, negativos e as sugestões dadas pelos mesmos para melhoria das intervenções pedagógicas em sala de aula.

A utilização da metodologia quantitativa na análise dos resultados justifica-se pelo fato de “[...] ajusta-se melhor a casos onde há maior demanda de pessoas, uma população maior, e exerce um papel auxiliar de “termômetro ao permitir a análise descritiva do real ao traçar o perfil de fatores que influenciam o processo.” (Câmara, 2013), enquanto a metodologia qualitativa, segundo Câmara:

Possibilita estabelecer fatores de determinados fenômenos, a partir da perspectiva analítica real, por meio da população estudada, adequando-se como ferramenta para a construção de formulários quantitativos quando utilizada a priori e para clarificar e ilustrar dados quantitativos, quando utilizada a posteriori, ou seja, auxilia a aprofundar e melhorar a qualidade da interpretação, amplia o entendimento sobre o objeto de estudo e melhor esclarecer os dados quantitativos, pois capta as nuances da percepção dos entrevistados para ampliar a compreensão da realidade vivida pelos respondentes e aprofunda a questão de como as pessoas percebem os fenômenos estudados.. (Câmara, 2013)

Além da análise qualiquantitativa, observou-se também todos os processos de aplicação das intervenções pedagógicas com a intenção de estabelecer as ideias sobre como o estudante desenvolve suas habilidades e pensamento cognitivos, na fase da adolescência, considerando situações de aprendizagem relacionadas a atividades experimentais, permitindo uma reflexão dos pressupostos teóricos do psicólogo construtivista Jean Piaget, onde os estudantes participantes deste estudo se encontram no estágio “operatório formal” que se inicia a partir dos onze anos de idade que é o último estágio de desenvolvimento cognitivo. Segundo a jornalista e historiadora Baldissera:

No último estágio do desenvolvimento cognitivo, as crianças conseguem realizar operações mentais que envolvem abstrações e símbolos que não necessariamente têm formas concretas. Ou seja, elas têm a capacidade do raciocínio abstrato. Elas também são capazes de se colocar no lugar dos outros, imaginar a perspectiva das outras pessoas sobre determinadas situações. A característica mais importante dessa fase é o desenvolvimento do pensamento hipotético-dedutivo. As crianças aprimoram suas habilidades de formular hipóteses para explicar e resolver problemas. (BALDISSERA)

Com esta pesquisa, espera-se que seja possível contribuir para validar os pensamentos acerca da necessidade de estimular os estudantes para que, da perspectiva do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, consigam avançar em suas capacidades de processar informações, compreender situações abstratas e principalmente criar hipóteses e possíveis soluções para situações-problemas relacionadas ao conteúdo da componente curricular de Física.

Em relação aos experimentos utilizados para produção dos Roteiros Experimentais que compõe o produto desta pesquisa, apresentaremos um breve resumo sobre cada um. Para cada experimento foi preparado um RE que constará nos apêndices da referida pesquisa e seus resultados apresentados no tópico relacionado à análise dos dados e na conclusão do presente trabalho.

4.1. EXPERIMENTO 01: ‘CARRINHO DE GALILEU’

O experimento utilizado é conhecido como “Carrinho de Galileu”, onde um carrinho previamente preparado, como pode ser visto no Roteiro Experimental, quando em movimento lança uma bola para cima e a bola cai novamente dentro do carrinho.

Dentre vários conceitos fundamentais da Física que podem ser estudados com este experimento, neste momento, o foco foi o estudo do conceito de Referencial Inercial (RI) e inércia.

4.2. EXPERIMENTO 02: “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”

O experimento utilizado é conhecido como “Robozinho com motor desbalanceado”, é um experimento muito simples, como pode ser visto no Roteiro Experimental, mas muito rico em relação a inúmeros conceitos físicos. Neste caso, foi utilizado para demonstrar o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) permitindo uma visualização do mesmo e uma explicação teórica com significado para o estudante.

4.3. EXPERIMENTO 03: “ATRITO ZERO”

O experimento utilizado é conhecido como “Atrito Zero”, é o experimento mais simples e com menos valor de material. Seu objetivo é demonstrar o movimento entre duas superfícies onde praticamente não exista atrito, seja estático ou cinético.

A utilização do experimento Atrito Zero, permite demonstrar na prática os conceitos de atrito estático e atrito cinético de forma que os estudantes possam percebê-los em seu cotidiano.

4.4. EXPERIMENTO 04: “CASCATA DE FUMAÇA”

O experimento conhecido como “Cascata de Fumaça”, consiste em demonstrar como a fumaça se comporta, devido a sua densidade com ou sem a influência das linhas de convecção.

4.5. EXPERIMENTO 05: “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”

O experimento utilizado é conhecido como “Pressão e Profundidade” nos permite visualizar a intensidade da vazão de água de acordo com a altura da coluna de água acima do orifício. É ótimo para a introdução aos conceitos de pressão e pressão hidrostática por uma coluna de fluido (gases, líquidos e vapores) em repouso.

4.6. EXPERIMENTO 05: “MANGUEIRA DE NÍVEL”

O experimento “Mangueira de Nível”, serve para introdução do conceito de vasos comunicantes e nos permite uma compreensão rica no que se diz respeito à pressão hidrostática. O experimento é facilmente lembrado quando falamos da construção civil, onde é utilizado para o nivelamento da obra ao ser usado por um pedreiro.

4.7. EXPERIMENTO 07: “PÊNDULO DE FOUCAULT”

O experimento “Pêndulo de Foucault”, foi montado em uma plataforma em forma de pirâmide, com um peso preso à plataforma por uma linha. O objetivo é demonstrar o movimento

de rotação do planeta Terra demonstrando o momento angular permitindo ao estudante compreender que Movimento de Rotação (MR) vai muito além do que a alternância entre o dia e a noite. Ele propicia a existência das estações do ano, influência a forma como vemos o movimento dos astros celestes a olho nu e permitiu a criação do sistema de fusos horários.

4.8. AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

A viabilidade da metodologia de ensino proposta nos RE's levou em consideração a interação dos estudantes com a Intervenção Pedagógica antes, durante e depois de sua aplicação. Foram feitas rodas de conversa, observadas as perguntas, opiniões, sugestões, comportamento e questionamentos e suas considerações e de registros feitos em formulários criados no Google Forms¹ e aplicados ao final de cada Intervenção Pedagógica.

Conforme supracitado no Tópico 3 deste trabalho para o estudo dos resultados foi utilizada uma análise quali-quantitativa, observando os aspectos quantitativos, referentes as três primeiras perguntas sobre os RE's, e os aspectos qualitativos relacionados as três últimas perguntas do questionário relacionadas aos RE's. Também foram analisados os comentários, as percepções e as teorias levantadas pelos estudantes, assim como a capacidade dos mesmos para resolver questões e/ou problemas durante as realizações das intervenções pedagógicas afim de verificar como os aspectos cognitivos, embasados por Jean Piaget, se mostravam durante todo o processo.

Vale rechaçar que ao final da aplicação de cada Intervenção Pedagógica, os estudantes responderam a um questionário elaborado de forma padronizada, compostos por sete perguntas, sendo a primeira relacionada a identificação do estudante (FIGURA 2) e as demais relacionadas aos RE's que compõe o produto desta pesquisa.

Os nomes dos estudantes, solicitado no questionário, serviu apenas para permitir o acompanhamento de cada um durante as intervenções pedagógicas, permitindo um melhor controle das informações apresentadas nos resultados da presente pesquisa. Na apresentação dos resultados, todos os nomes foram substituídos por números afim de preservar as sus identidades.

FIGURA 2: Nome do estudante para controle

Nome Completo (Apenas para controle)

Texto de resposta curta

Fonte: Acervo do autor. (2022)

As perguntas dois e três estão relacionadas a dificuldade na montagem e execução dos experimentos, onde as respostas se deram por escala linear (FIGURA 3):

FIGURA 3: Modelo das perguntas dois e três, relacionadas à montagem e a execução do experimento.

A montagem do experimento "NOME DO EXPERIMENTO" foi: *

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Fácil Dificil

A execução do experimento "NOME DO EXPERIMENTO" foi: *

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Fácil Dificil

Fonte: Acervo do autor. (2022)

A terceira pergunta está relacionada a compreensão dos estudantes em relação ao conceito físico apresentado no experimento. Na mesma, também foi utilizado o formato de escala linear (FIGURA 4):

FIGURA 4: Modelo de pergunta quatro para saber o quanto o experimento apresentado contribuiu para a compreensão do conceito físico apresentado.

O experimento "NOME DO EXPERIMETO" contribui para sua compreensão sobre *
o estudo densidade?

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Nenhuma contribuição Muita contribuição

Fonte: Acervo do autor. (2022)

As últimas perguntas foram abertas para que os estudantes pudessem colocar suas percepções e apontar os aspectos positivos e negativos do experimento realizado no ambiente escolar. Abaixo temos a FIGURA 5 apresentando quais foram as perguntas feitas.

FIGURA 5: Perguntas onde os estudantes poderão apontar pontos negativos, pontos positivos e sugestões de melhorias para realização do experimento em sala de aula.

Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "NOME DO EXPERIMENTO" em sala de aula *

Sua resposta _____

Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "NOME DO EXPERIMENTO" em sala de aula *

Sua resposta _____

Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "NOME DO EXPERIMENTO" em sala de aula. *

Sua resposta _____

Fonte: Acervo do autor. (2022)

Ao final da aplicação dos Roteiros Experimentais, as respostas foram compiladas, analisadas, agrupadas e detalhadas, permitindo uma visão ampla da viabilidade da aplicação do produto proposto.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

5.1. EXPERIMENTO “CARRINHO DE GALILEU”:

O experimento Carrinho de Galileu teve como objetivo apresentar aos estudantes os conceitos básicos de Cinemática, especificamente, os conceitos de Inércia e de Referencial Inercial. Estavam presentes neste Roteiro Experimental 35 estudantes.

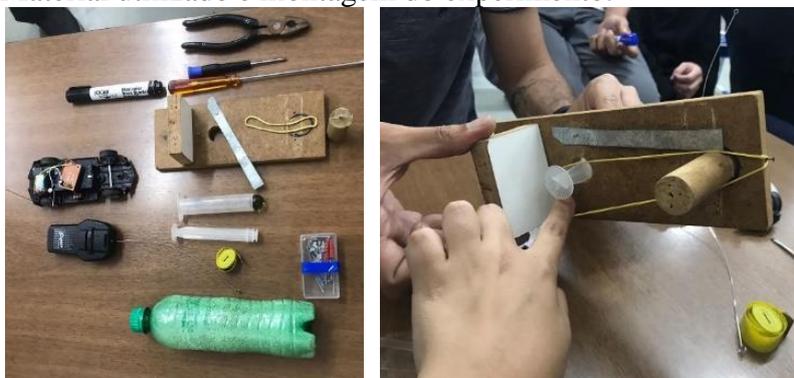
Em um primeiro momento o professor-pesquisador explicou sobre o que se tratava o experimento, como deveria ser feita a montagem e quais os fenômenos físicos a serem observados. Posteriormente, os materiais foram entregues aos estudantes e o professor-pesquisador passou a passar orientações e fazer as intervenções necessárias.

Devido à pouca idade e falta de aulas experimentais os estudantes mostraram-se ansiosos e com pouco traquejo com as ferramentas. E mesmo seguindo o RE foi notório um nível de dificuldade elevado nesta etapa.

A principal dificuldade na montagem do experimento foi armar o gatilho de disparo da bolinha. Mas após uma pequena intervenção do professor-pesquisador, rapidamente os estudantes concluíram esta tarefa.

Por último, com o aparato já montado, foi colocado sobre ele um Smartphone para filmar o movimento da bolinha do referencial do carrinho.

FIGURA 6: Material utilizado e montagem do experimento:



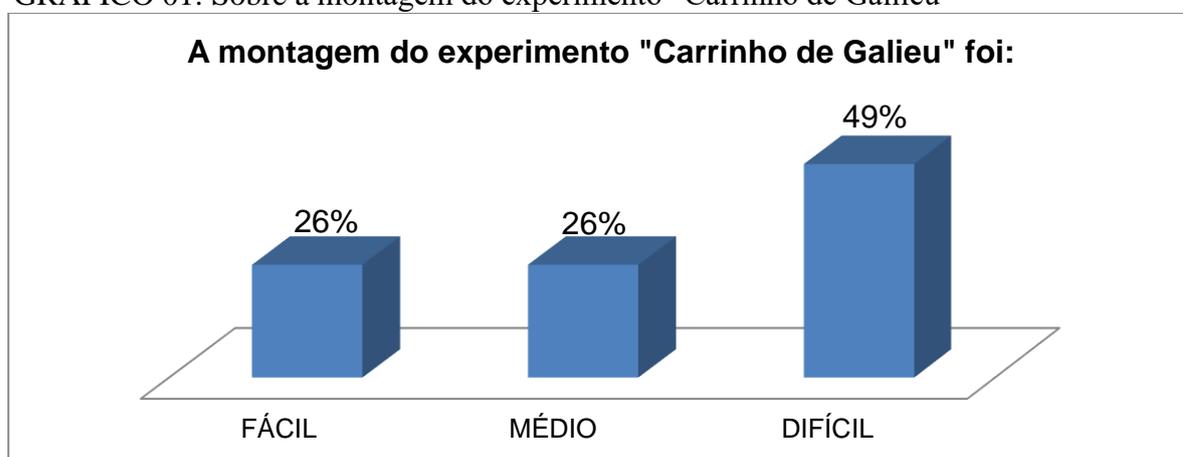
Fonte: Acervo do Autor (2022)

Durante a realização do experimento, alguns estudantes ficaram responsáveis por fazerem filmagens do lançamento da bola de gude de um ângulo lateral e de um ângulo frontal ao movimento do carrinho para que posteriormente fosse analisada nas as três filmagens como é o movimento da bola de acordo com cada um dos referenciais.

Quanto as dificuldades encontradas na execução do experimento, destacou-se a falta de afinidade com as ferramentas e a dificuldade em conseguir armar o gatilho da plataforma de lançamento da bolinha. Em ambos os casos o professor-pesquisador interveio, fazendo demonstrações, o que permitiu que os estudantes conseguissem concluir o aparato sem mais problemas.

Quanto a dificuldade na montagem do aparato experimental, a maioria dos estudantes considerou difícil, conforme pode ser observado no GRÁFICO 01:

GRÁFICO 01: Sobre a montagem do experimento “Carrinho de Galileu”



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Em relação à execução do experimento, alguns estudantes ficaram responsáveis por fazer os registros com filmagem lateral e frontal para que o movimento da bola de gude fosse analisado posteriormente de ambos os ângulos.

Quanto a realização do experimento, destacou-se a dificuldade em conseguir armar o gatilho da plataforma de lançamento da bolinha. Nesta situação, o professor-pesquisador fez uma demonstração e assim os estudantes conseguiram realizar esta etapa sem mais problemas. E como o piso da sala de aula apresenta irregularidades, nas primeiras tentativas, o carrinho não seguia em linha reta e assim, o gatilho não batia no objeto colocado para servir de obstáculo para desarmar o gatilho. As soluções encontradas foram: diminuir a distância entre o ponto de partida do carrinho e o obstáculo e usar uma régua que pudesse ser manuseada para alinhar com o carrinho permitindo o desarme do gatilho. Feito tais adaptações, o experimento funcionou perfeitamente foi repetido 10 vezes sem nenhum problema.

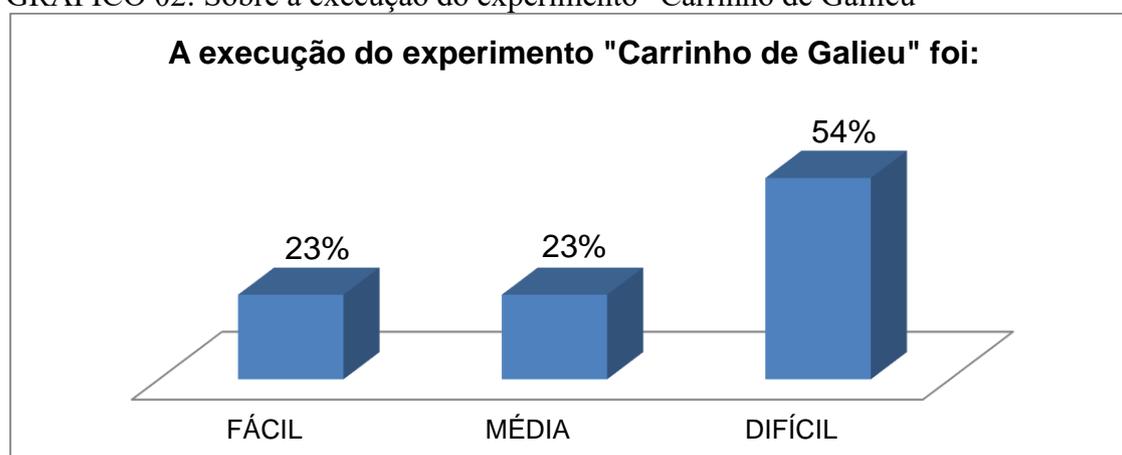
FIGURA 7: Execução do experimento



Fonte: Acervo do autor. (2022)

O GRÁFICO 02 apresenta a opinião dos estudantes em relação à dificuldade na realização do experimento.

GRÁFICO 02: Sobre a execução do experimento “Carrinho de Galileu”



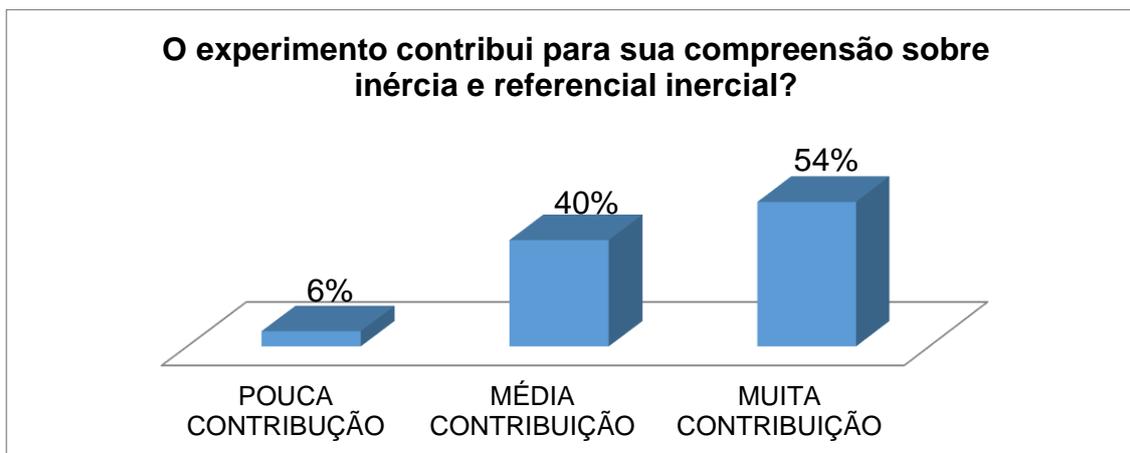
Fonte: Acervo do autor. (2023)

Após a realização do experimento, as filmagens do lançamento da bola de gude foram agrupadas em apenas um vídeo que foi apresentado aos estudantes para que pudessem comparar o movimento da mesma. A comparação permitiu que eles compreendessem o que é um referencial inercial.

Por curiosidade, alguns estudantes questionaram sobre a altura alcançada pela bola de gude durante o lançamento, mas como a pesquisa tem como foco o estudo fenomenológico, o professor-pesquisador para não deixá-los com esta curiosidade, utilizou o programa *Tracker* (<https://physlets.org/tracker/>) para apresentar os dados solicitados e esclareceu que a parte matemática relacionada ao movimento seria introduzida quando o conteúdo for abordado de forma mais aprofundada no Ensino Médio.

A análise as respostas do questionário quanto a contribuição do experimento para o entendimento dos conceitos de inércia e de referencial inercial, os resultados são apresentados no gráfico abaixo:

GRÁFICO 03: Sobre a contribuição do experimento para compreensão do conceito de inércia e referencial inercial



Fonte: Acervo do autor (2023)

Quando questionados dos aspectos negativos da realização do experimento em sala de aula, 22% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações foram em relação a dificuldade na montagem e na execução, falta de interesse de alguns colegas, falta de dados, espaço físico inadequado, material utilizado e dificuldade em compreender o que estava sendo feito. No QUADRO 01 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE B.

QUADRO 01: Aspectos negativos relacionados a realização do experimento "Carrinho de Galileu" em sala de aula.	
Est. 01	O experimento por si só, é bem simples e de fácil compreensão. É apenas melindroso na etapa de engatar o elástico, e acertar o alvo fazendo o gatilho ser acionado. É um experimento que é necessário equilíbrio, tudo tem de estar equilibrado corretamente.
Est. 04	FOI UMA MONTAGEM DIFÍCIL DE SER REALIZADA E UM EXPERIMENTO DIFÍCIL DE COMPREENDER
Est. 06	DIFICULDADE NA REALIZAÇÃO E NA MONTAGEM
Est. 18	Teve alguns erros/falhas nas tentativas, durante a realização do experimento, mas nada que prejudicou a realização completa do experimento.
Est. 24	Antes havia um problema ao acionar a alavanca fazendo com que ele fosse para o lado, depois foi consertado
Est. 30	OS MATERIAIS UTILIZADOS E A EXECUÇÃO DOS MOVIMENTO DO CARRINHO
Est. 32	MUITO COMPLICADO FAZER A BOLINHA SUBIR

Em relação aos aspectos positivos da realização do experimento 17% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, os aspectos mais relevantes foram: Compreensão dos conceitos, experimento interessante e divertido, o trabalho em equipe, a didática, a simplicidade do experimento e dos materiais. NO QUADRO 02 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE B.

QUADRO 02: Aspectos positivos relacionados a realização do experimento "Carrinho de Galileu" em sala de aula	
Est. 01	A grosso modo, é um experimento bastante didático e ajuda na melhor compreensão sobre o que é na prática a referência inercial.
Est. 04	CONTRIBUIU PARA O ESTUDIO DA INÉRCIA
Est. 05	SIMPLICIDADES DOS OBJETOS E FORÇA DE VONTADE
Est. 08	Experimento incrível
Est. 13	Após a realização do experimento ficou mais fácil entender sobre Referencial inercial
Est. 18	O experimento me fez compreender sobre Referencial inercial na prática e também vi o quão interessante e legal é um experimento, principalmente esse.
Est. 21	Um aspecto positivo bom foi que o experimento é bem simples de se compreender com o intuito da Referencial inercial
Est. 24	Melhor entendimento do assunto
Est. 28	A EXPERIÊNCIA É MUITO DINÂMICA E INTERESSANTE
Est. 33	TEVE MUITO TRABALHO EM EQUIPE

E por fim, os estudantes foram questionados sobre sugestões para a melhoria do experimento. Entre os estudantes, 29% não opinaram. Entre os demais, as principais sugestões foram: Mais cooperação da turma, coletar dados, facilitar o experimento, aumentar a quantidade de carrinhos, aumentar o impulso da bola e um espaço físico melhor. No QUADRO 03 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE B.

QUADRO 03: Sugestões para melhorar a realização do experimento "Carrinho de Galileu" em sala de aula.	
Est. 01	Cooperação e apoio dos alunos.
Est. 03	PENSAR EM UM JEITO DA BOLINHA SUBIR MAIS
Est. 09	MELHORAR A POSIÇÃO DO GATILHO
Est. 10	Na minha opinião foi um ótimo trabalho, só apontamos dificuldades na execução para a esfera cair no mesmo ponto inicial
Est. 18	No meu ver, o que deveria melhorar em relação ao experimento na sala de aula, é somente a contribuição/atenção dos alunos e a empatia para que todos possam acompanhar a realização experimento, e não só alguns.
Est. 20	Mais material
Est. 25	Melhorar execuções e instruções
Est. 26	MELHORES OBJETOS PARA EXPERIÊNCIA
Est. 27	O QUE PODIA MELHORAR MAIS É PEGAR MAIS VELOCIDADE
Est. 32	PODIA IR MAIS ALTO A BOLINHA

Os presentes resultados demonstram a importância da realização de mais aulas experimentais para contribuir para o desenvolvimento cognitivo de Piaget, permitindo que os estudantes, que se encontram no estágio operatório-formal, possam melhorar suas capacidades de compreender temas mais complexos, exercitar o senso crítico e auxiliar na melhoria da coordenação motora dos estudantes.

É perceptível que houve uma melhor compreensão dos conceitos físicos apresentados quando houve a demonstração em sala de aula e os estudantes foram os responsáveis por

realizar todo o processo, além o anseio dos mesmos por aulas experimentais. Os estudantes demonstraram um bom senso crítico e o quanto são observadores e curiosos, características fundamentais para um bom aprendizado.

5.2. EXPERIMENTO “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”

O experimento do “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO” foi o segundo experimento a ser aplicado, dando sequência ao tema Cinemática e contou com a participação de 34 estudantes.

Como pré-estabelecido, em um primeiro momento o professor-pesquisador explicou sobre o que se tratava o experimento e os fenômenos físicos que deveriam ser analisados e houve uma troca de ideias acerca do assunto com os estudantes.

Em seguida os materiais para a montagem do experimento foram entregues aos estudantes e o professor-pesquisador passou as orientações necessárias para montagem e entrevistou quando necessário.

FIGURA 8: Robozinho com motor desbalanceado

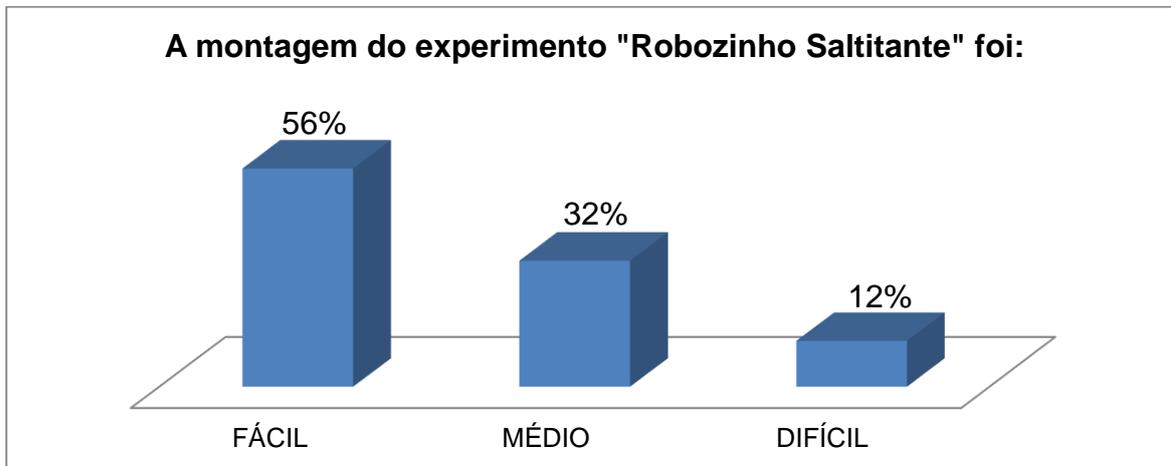


Fonte: Acervo do autor. (2022)

Neste RE os estudantes demonstraram estar mais focados e interessados. Um dos fatores positivos que contribuíram para isso está diretamente relacionada ao fato de a montagem do aparato experimental ser mais simples do que o primeiro experimento realizado. Ficou claro também que os estudantes também começaram a entender a importância do que estava sendo feito para sua vida estudantil e as contribuições que isso trará para a sequência de seus estudos quando ingressarem no Ensino Médio.

Observando o comportamento dos estudantes durante a Intervenção Pedagógica e posteriormente realizando a análise das respostas do questionário em relação a montagem do experimento, notou-se que os estudantes não apresentaram dificuldades na montagem. O que pode ser visto no GRÁFICO 04:

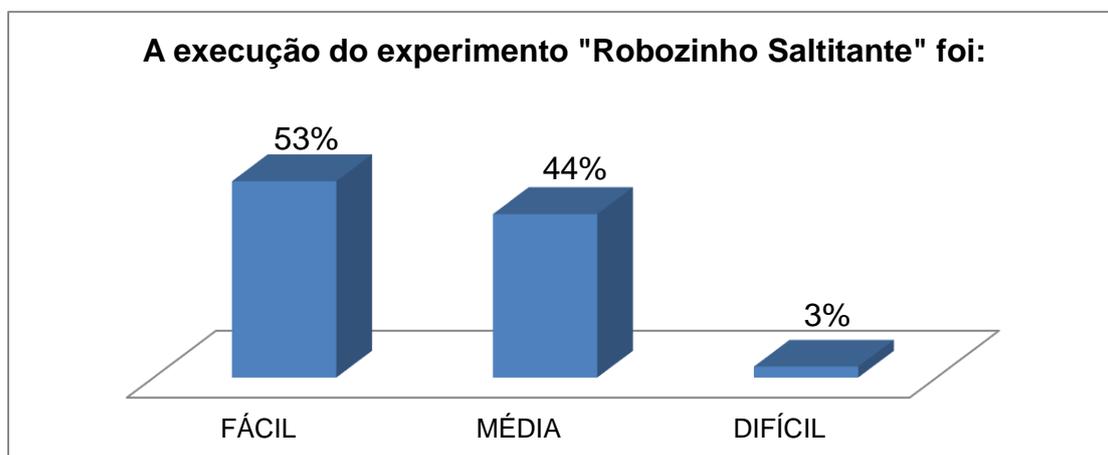
GRÁFICO 04: Montagem do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANÇEADO"



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Em relação a execução do experimento, a maior parte dos estudantes consideraram que não houveram grandes dificuldades ou houve uma dificuldade moderada. Mais uma vez os estudantes consideram que o maior problema foi a irregularidade do piso e alguns relataram que as cerdas da escova não estavam devidamente alinhadas impedindo que o robzinho seguisse em linha reta por um período maior.

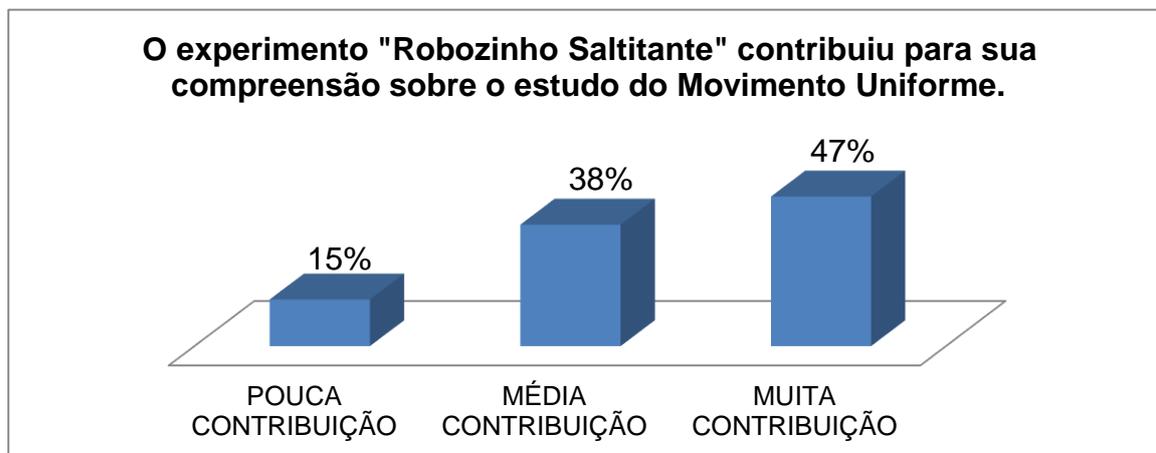
GRÁFICO 05: Execução do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANÇEADO".



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a contribuição do experimento para a compreensão do conceito de Movimento Retilíneo Uniforme, os resultados se mostraram extremamente positivos. Os estudantes demonstraram ter compreendido o que se esperava demonstrar durante a realização do experimento e isso se confirmou ao ser feito e estudo dos resultados das respostas dos mesmos no questionário aplicado ao final da Intervenção Pedagógica e apresentados no GRÁFICO 06.

GRÁFICO 06: Contribuição do experimento para compreensão do conceito de Movimento Retilíneo Uniforme.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quando questionados sobre os aspectos negativos da realização do experimento em sala de aula, 53% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações foram: a dificuldade na montagem e na execução, falta de interesse de alguns colegas, falta de dados, espaço físico inadequado e material utilizado. No QUADRO 04 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE C.

QUADRO 04: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula	
Est. 10	Na minha opinião, eu achei a execução do processo um pouco complicada
Est. 17	Podia ter mais material
Est. 18	Na realização desse experimento, antes de concluir a realização do mesmo, houve algumas falhas.
Est. 21	É um experimento que demanda tempo pra ser compreendido e preciso mais espaço e organização pra melhor compreensão, e na sala de aula não teve muita
Est. 23	DIFÍCIL EXECUÇÃO E MONTAGEM
Est. 30	A EXECUÇÃO DOS DADOS DO EXPERIMENTO
Est. 35	ELE NÃO ANDAVA RETO

Ao serem questionados sobre os aspectos positivos da realização do experimento, 12% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações dos estudantes foram: Compreensão sobre o conceito demonstrado, facilidade do na montagem e execução experimento, interesse por robótica. No QUADRO 05 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas estão encontram-se disponíveis no APÊNDICE C

QUADRO 05: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula	
Est. 01	Deveria ser ensinado antes, pois é muito importante
Est. 09	DESPERTA O INTERESSE NA ROBÓTICA
Est. 10	Na minha opinião, possuí níveis de conhecimento para entender o movimento uniforme, uma ótima representação para tal informação

Est. 14	Foi um experimento que ajudou a entender sobre a matéria, e foi bem divertido fazer o robozinho
Est. 18	Foi muito interessante, pude notar que com coisas simples, podemos fazer um experimento extraordinário e também foi gratificante ver que o experimento estava tomando forma, da maneira como queríamos.
Est. 19	A COMPREENSÃO DE TODOS
Est. 21	Um experimento tanto quanto fácil de ser feito e pode ser muito beneficente para seu entendimento da matéria do movimento uniforme
Est. 31	O experimento me ajudou a compreender mais sobre movimento uniforme e foi muito legal utilizar aparelho que envolve eletricidade.

Por fim, os estudantes foram questionados sobre sugestões para melhorar a realização do experimento e entre os estudantes, 71% não opinaram. Dentre os demais as sugestões foram: Organizar a sala em grupos menores, fazer com que o experimento dure mais tempo, aumentar o tamanho dos materiais, utilizar um espaço mais adequado, e ter mais trabalho em equipe. No QUADRO 06 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE C.

QUADRO 06: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula.	
Est. 01	Diminuir os grupos
Est. 18	Trabalho mais em equipe, porque somente algumas pessoas participaram.
Est. 20	AUMENTAR O TAMANHO
Est. 21	Melhor organização para entendimento mais fácil
Est. 25	Fazer com que todos colaborem
Est. 27	ANDAR MAIS E PARA FRENTE
Est. 28	OS ALUNOS SAIREM DA RENTE PARA QUE OS OUTROS POSSAM PARTICIPAR

Na percepção do professor-pesquisador, separar a turma em grupos pode apresentar resultados mais satisfatórios. Mas em se tratando de um trabalho de demonstração fenomenológica, os resultados foram altamente positivos e o Roteiro Experimental cumpriu com o que foi proposto.

5.3. EXPERIMENTO “ATRITO ZERO”:

O experimento “Atrito Zero” foi realizado com o objetivo de demonstrar os tipos de atrito. O mesmo contou com a participação de 35 estudantes.

Após uma breve introdução o professor-pesquisador apresentou aos estudantes materiais que seriam utilizados e como deveria ser feita a montagem do aparato experimental.

Feito isso, os estudantes começaram a montar o aparato experimental e durante toda a montagem, não houve a necessidade de nenhuma intervenção, tendo vista que os estudantes conseguiram montar o robozinho sem nenhuma grande dificuldade.

FIGURA 09: Aparato experimental para demonstrar os atritos estático e cinético.

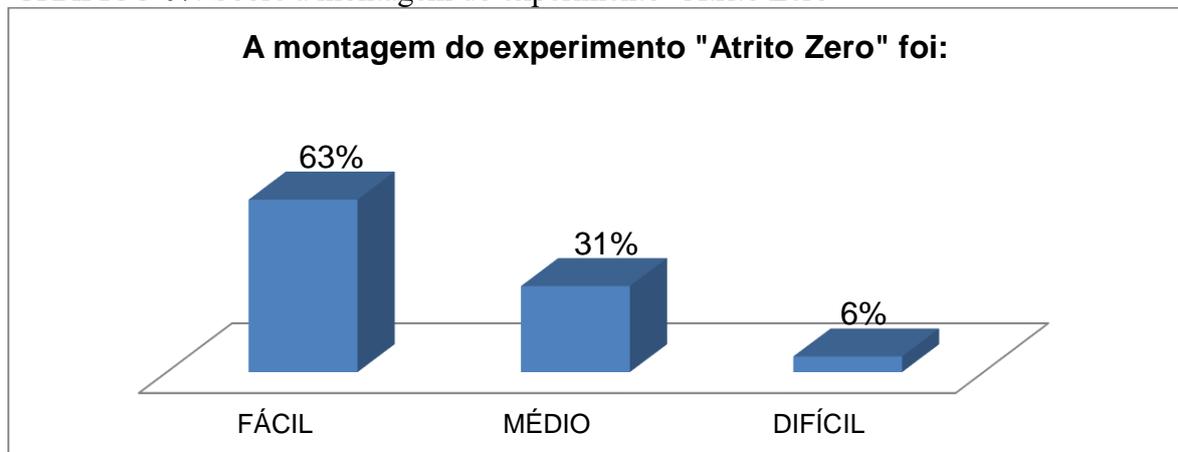


Fonte: Acervo do autor. (2022)

Após a realização do Roteiro Experimental Didática proposto, os estudantes conseguiram relacionar o que foi demonstrado com situações cotidianas, como uma derrapagem, um chão liso e pneus carecas. Logo em seguida foi preenchido o questionário cuja as respostas serão agora apresentadas.

Em relação a montagem do experimento, a maioria dos estudantes relataram não terem encontrado dificuldades, conforme pode-se observar no GRÁFICO 07:

GRÁFICO 07: Sobre a montagem do experimento “Atrito Zero”

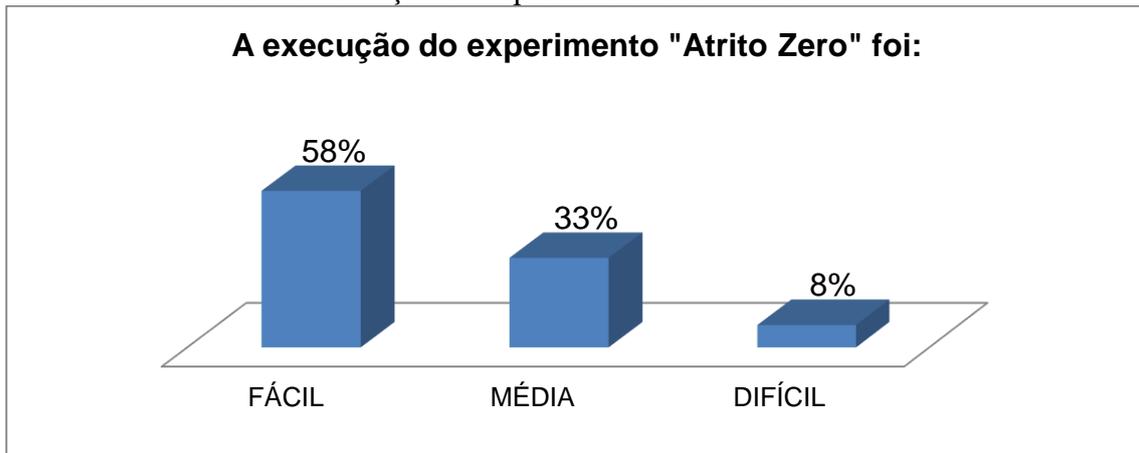


Fonte: Acervo do autor. (2023)

Em relação à execução do experimento, a maior dificuldade apresentada pelos estudantes se deu em relação a dificuldade em encaixar a bexiga cheia de ar na tampa da garrafa PET. Neste caso o professor-pesquisador notou que a elasticidade da bexiga utilizada era pouca e se não fosse bem manuseada, fazia com que a mesma rasgasse. Mas depois de algumas tentativas, e os estudantes se revezando, conseguiram entender o problema, explicaram para os demais colegas e o experimento foi executado com sucesso diversas vezes com sucesso.

Em relação à dificuldade em realizar o experimento, a opinião dos estudantes está registrada no GRÁFICO 08.

GRÁFICO 08: Sobre a execução do experimento "Atrito Zero"

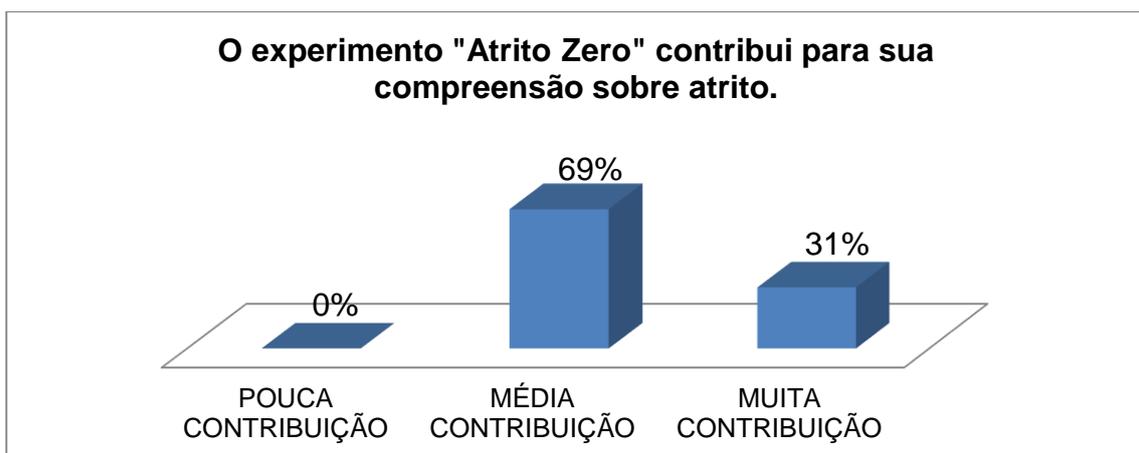


Fonte: Acervo do autor. (2023)

Os estudantes acharam em um primeiro momento que o aparato sairia em uma única direção, o que não aconteceu quando o experimento foi executado. O professor-pesquisador esclarece a situação, dizendo que seria necessário um mecanismo de direcionamento e que o próprio atrito, ou ausência dele, poderia contribuir para o tipo de movimento. Alguns estudantes deram a dica para em um próximo estudo, fossem colocados obstáculos de forma a permitir que o aparato pudesse se mover em apenas uma direção e sentido.

Quando questionados sobre a contribuição do experimento para o entendimento do conceito de atrito, a maioria afirmou que compreendeu parcialmente o tema, como podemos ver no GRÁFICO 09:

GRÁFICO 09: Sobre a contribuição para a compreensão dos conceitos de inércia e Referencial inercial.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Um ponto que deve ser levado em consideração é que nenhum estudante afirmou não ter compreendido nada com o experimento. Entre os estudantes, 40% não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações foram: Dificuldade na montagem, material utilizado, piso

irregular, não ter dividido a turma em grupos e falta de cooperação da turma. No QUADRO 07 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE D.

QUADRO 07: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "Atrito Zero" em sala de aula	
Est. 03	SÓ A DIFICULDADE DE ENCAIXAR O BALÃO
Est. 05	O BALÃO ESVAZIAVA QUANDO IA ENCAIXAR, ATÉ O PROFESSOR DEMONSTRAR
Est. 09	SÓ NÃO ENTENDI PQ ELE SAI IGUAL DOIDO
Est. 13	FALTA DE EDUCAÇÃO DE ALGUNS COLEGAS, NÃO FOI CULPA SUA, PROFESSOR
Est. 19	TINHA QUE SER EM UM LUGAR ABERTO
Est. 22	MUITO DIFÍCIL DE ENTENDER E FIQUEI FOI CONFUNDIDO
Est. 29	A MONTAGEM DEMORA, PORQUE A COLA DEMORA PRA SECAR

Quando questionados sobre os aspectos positivos da realização do experimento, todos os estudantes responderam e as principais considerações foram: Compreensão sobre do conteúdo, experimento útil, interessante e divertido, facilidade na realização, empolgação da turma, simplicidade e material de fácil acesso. No QUADRO 08 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE D.

QUADRO 08: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "Atrito Zero" em sala de aula	
Est. 01	O MOVIMENTO QUANDO SOLTA O EXPERIMENTO MOSTRA EXATAMENTE A FALTA DE ATRITO
Est. 03	DEU PRA ENTENDER A DIFERENÇA DE ATRITOS
Est. 09	CONSEGUI RELACIONAR COM SABÃO NO CHÃO OU NA CHUVA
Est. 14	FACIL DE FAZER, MATERIAL FACIL DE ACHAR
Est. 15	DÁ PRA APRENDER FÍSICA BRINCANDO
Est. 17	MATERIAIS QUE A GENTE JOGA FORA DA PRA FAZER CIÊNCIA
Est. 29	ENTENDI O QUE O SENHOR QUIS MOSTRAR
Est. 30	O ASSUNTO É MEIO COMPLICADO
Est. 35	A PARTICIPAÇÃO E EMPOLGAÇÃO DE TODOS

Quando questionados sobre sugestões para melhorar a realização do experimento, 72% não opinaram. Dentre os demais as sugestões foram: Fazer em um espaço maior, montar mais kits, usar um disco maior, usar um balão maior, retirar os desinteressados da sala. No QUADRO 09 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE D.

QUADRO 09: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "Atrito Zero" em sala de aula.	
Est. 10	MAIS MATERIAL
Est. 15	FOI LEGAL
Est. 16	TIRAR OS BAGUNCEIROS DA SALA

Est. 19	ACHEI O ESPAÇO PEQUENO
Est. 23	MAIS EXPERIMENTOS
Est. 25	USAR UM DISCO MAIOR PRA GENTE PODER COMPARAR
Est. 35	PODIA TER UM BALÃO MAIOR E UM DISCO MAIS PESADO

A realização da Intervenção Pedagógica demonstrou como um aparato experimental construído com materiais simples e de fácil acesso pode contribuir significativamente para demonstrar fenomenologicamente os conceitos desejados.

Para este RE, o nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes, de acordo com Piaget, mostrou-se muito próximo do nível de complexidade apresentada pelo experimento o que contribuiu significativamente para permitir uma melhor compreensão dos conceitos apresentados e maior assimilação com situações cotidianas, além de os estudantes demonstrarem uma melhora na postura comportamental em relação ao RE anterior.

5.4. EXPERIMENTO “CASCATA DE FUMAÇA”:

O experimento do “Cascata de Fumaça” teve como objetivo demonstrar o conceito de Densidade. O experimento foi realizado em espaço aberto pela necessidade de se trabalhar com fogo e pela produção de fumaça, visando assim a segurança de todos. Estavam presentes 35 estudantes.

Mais antes da aplicação do Roteiro Experimental, houve uma conversa entre os estudantes e o professor-pesquisador sobre o experimento e os fenômenos físicos que deveriam ser analisados. A partir deste momento, os estudantes iniciaram a construção do aparato experimental.

O experimento foi realizado com duas configurações, na primeira as duas extremidades do canudo estavam fora da garrafa e posteriormente uma das extremidades foi colocada no interior da garrafa. Com isso foi possível observar o comportamento da fumaça em cada uma das situações, permitindo assim perceber que ao colocar fogo em uma das extremidades do canudo que se encontrava totalmente fora da garrafa, a fumaça tendia a tentar descer, mas acabava subindo devido as correntes de convecção e que quando uma das extremidades do canudo era inserida dentro da garrafa, em um ambiente que impedia as correntes de convecção, a fumaça descia formando uma pequena “cascata” de fumaça, conforme foto abaixo:

FIGURA 10: Realização do experimento

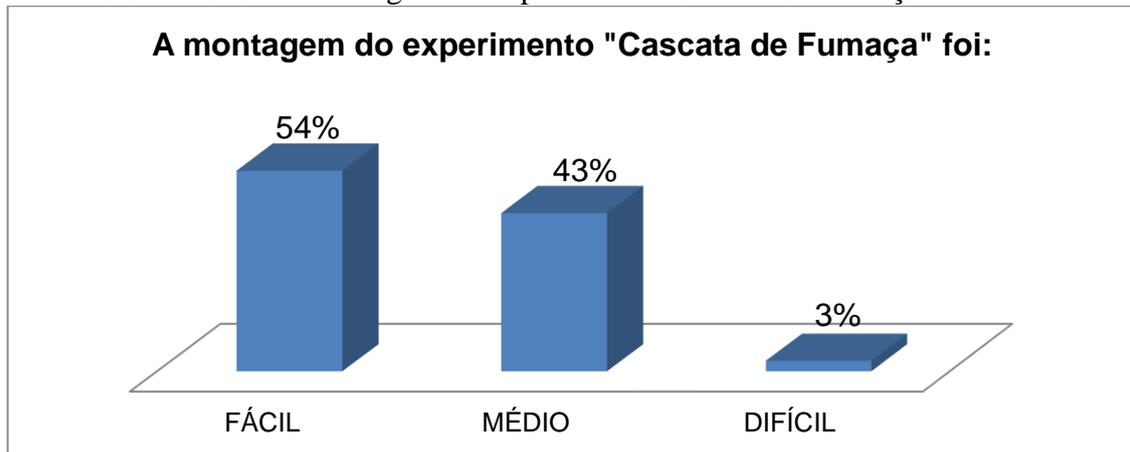


Fonte: Acervo do autor. (2022)

O experimento foi um dos que mais despertou o interesse dos estudantes, onde muitas hipóteses sobre o motivo do comportamento da fumaça ser diferente dentro e fora da garrafa. Ao final, houve uma roda de conversa entre o professor-pesquisador e os estudantes para que os conceitos físicos envolvidos fossem debatidos. Posteriormente foi o momento do preenchimento do formulário. O interessante é que muitos estudantes refizeram o experimento em suas residências com garrafas de diferentes tamanhos e relataram posteriormente que os resultados eram sempre os mesmos.

Quanto a facilidade na montagem, observa-se no GRÁFICO 10 que não houveram grandes dificuldades.

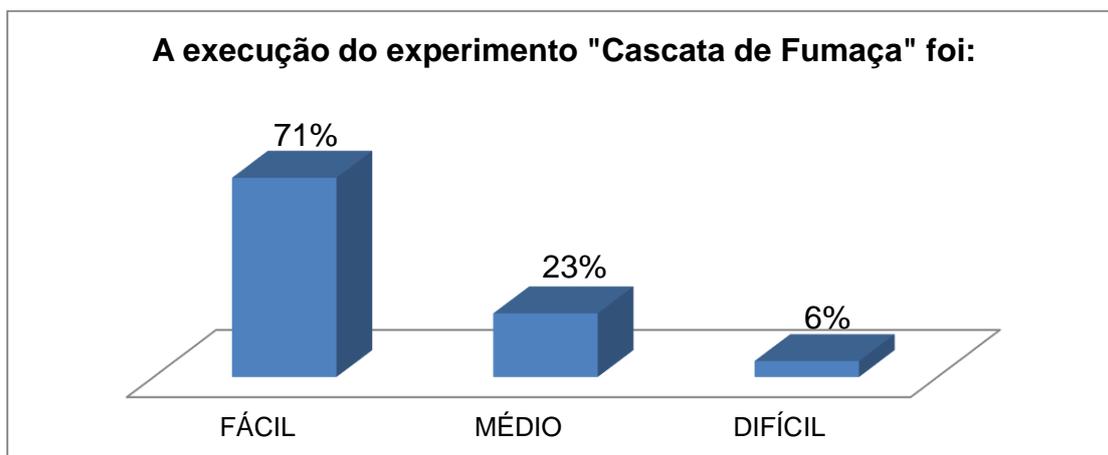
GRÁFICO 10: Sobre a montagem do experimento "Cascata de Fumaça "



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a execução do experimento, também não houveram problemas, de acordo com o GRÁFICO 11:

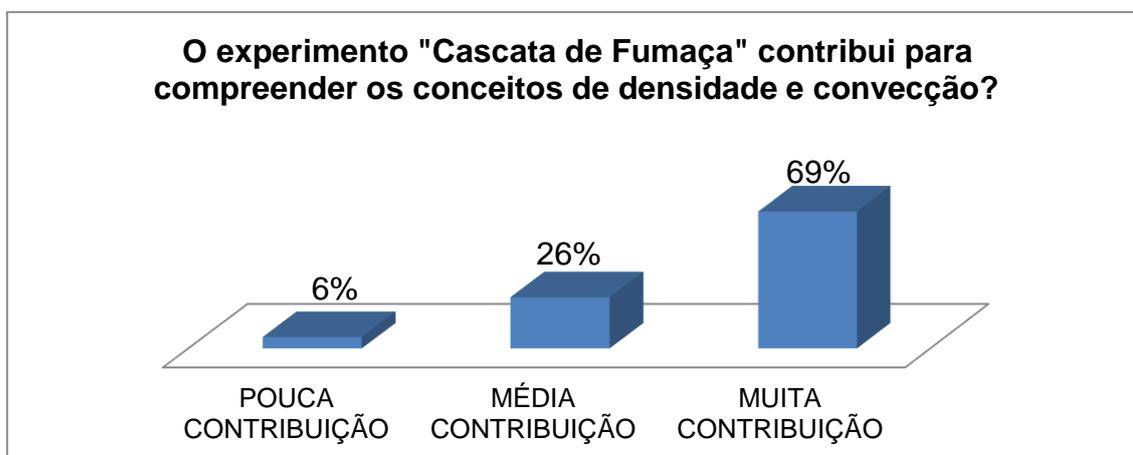
GRÁFICO 11: Sobre a execução do experimento “Cascata de Fumaça”.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a contribuição do experimento para a compreensão dos conceitos sobre estado da matéria, densidade e correntes de convecção, a maior parte dos estudantes avaliaram que houve uma grande contribuição no aprendizado sobre os temas abordados conforme o GRÁFICO 12:

GRÁFICO 12: Sobre a contribuição do experimento para compreensão do conceito de Densidade



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quando questionados sobre os aspectos negativos da realização do experimento, 63% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais estudantes, podemos destacar que as principais considerações foram: Poderia ter saído mais fumaça, poluição do ambiente, poderia ter um recipiente maior, pode ser um experimento perigoso e o cheiro da fumaça. No QUADRO 10 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE K.

QUADRO 10: Aspectos negativos relacionados a realização do experimento "Cascata de Fumaça" em sala de aula	
Est. 01	O único aspecto negativo que tenho em vista, é o odor causado pela fumaça. Mas é necessário para a execução do experimento.
Est. 03	PODE SER UM POUCO PERIGOSO DE SER REALIZADO

Est. 07	Foi um pouco bagunçado, mas foi por conta da sala e não do experimento
Est. 17	Não consegui visualizar tão bem, pelo fato de ficarem muitas pessoas ao redor atrapalhando totalmente a visibilidade da execução do experimento.
Est. 18	POLUIÇÃO DO AMBIENTE COM A FUMAÇA
Est. 20	Na minha opinião um dos aspectos negativos do experimento cascata de fumaça na SALA DE AULA, foi que tinha muita gente e dificultou pra visualizar melhor o experimento e outro foi que teve muito barulho e eu não entendi muito bem o princípio do experimento
Est. 24	Alguns alunos inalaram a fumaça
Est. 26	ACHO QUE DEVERIA SAIR MAIS FUMAÇA
Est. 27	PODERIA TER SIDO EM UM RECIPIENTE MAIOR PARA FICAR MAIS DINÂMICO
Est. 29	ACHO QUE DEVERIA TER AIDO MAIS FUMAÇA NO EXPERIMENTO

Ao serem questionados os aspectos positivos da realização do experimento, 6% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais as principais considerações foram: Compreensão sobre o conceito, experimento simples e fácil de realizar, prendeu a atenção da turma e despertou a curiosidade, materiais de fácil acesso, experimento divertido. No QUADRO 11 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE K.

QUADRO 11: Aspectos positivos relacionados a realização do experimento "Cascata de Fumaça" em sala de aula	
Est. 01	Os aspectos positivos são a melhor compreensão sobre o estudo da densidade de maneira simples, sendo de fundamental importância para a aprendizagem dos alunos.
Est. 02	BEM INTERESSANTE DE SE VER E AJUDOU MUITO A COMPREENDER A DENSIDADE
Est. 03	AJUDOU PARA O CONHECIMENTO SOBRE DENSIDADE E É SIMPES DE SE COMPREENDER
Est. 04	APRENDIZADO E DESPERTOU MINHA CURIOSIDADE
Est. 08	AJUDA NA COMPREENÇÃO DO CONCEITO DE DENSIDADE E DESPERTA INTERESSE NOS ALUNOS USANDO POCOS MATERIAIS
Est. 09	A cascata de fumaça contribuiu para melhorar o entendimento da densidade do ar, e explicações de como funciona a diferença entre o ar quente e o ar frio
Est. 10	MELHOR ENTENDIMENTO D EDENSIDADE AR FRIO E AR QUENTE
Est. 11	SIMPLICIDADE DO EXPERIMENTO
Est. 12	Materiais de fácil acesso e fácil de fazer
Est. 15	APRENDI ALGO QUE NÃO SABIA
Est. 17	Foi um baita experimento (pelo que consegui ter visibilidade), totalmente cativante de tão interessante e de extrema importância para mim, pois assim pude compreender melhor a densidade.
Est. 35	Aula pratica sempre será melhor de ser entendida

Quanto as sugestões para melhorar a realização do experimento, 46% não opinaram. Entre as opiniões dadas, temos: utilizar um recipiente maior, iluminar dentro da garrafa, fazer com que saia mais fumaça do canudo e usar um material que produza uma fumaça sem odor ou aromatizada. No QUADRO 11 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE K.

QUADRO 12: Sugestões para melhorar a realização do experimento "Cascata de Fumaça" em sala de aula.
--

Est. 01	A sugestão que tenho é de que poderia ser realizado em um recipiente maior, tendo em mente a melhor visualização do experimento.
Est. 02	DESCOBRIR ALGUMA FORMA DE SAIR MAIS FUMAÇA
Est. 03	UTILIZAR OBJETOS MAIORES
Est. 06	MAIS FUMAÇA E LUMINOSIDADE INTERNA
Est. 11	UTILIAÇÃO DE FUMAÇA SEM ODOR
Est. 13	UTILIZAÇÃO DE FUMAÇA AROMATIZADA
Est. 20	Formar um círculo na sala de aula, e o professor que aplicar o experimento ficar no meio do círculo, assim facilitaria ao ver o experimento
Est. 26	LED NA FUMAÇA
Est. 30	Falta a turma fazer mais perguntas sobre o assunto e o experimento

De acordo com o que foi colocado pelos estudantes, fica como sugestão, utilizar recipiente maior e procurar um material para queima que libere uma fumaça com menos odor.

Como sugestão do autor, pode-se incluir no trabalho, principalmente em relação ao Meio Ambiente a questão da fuligem da queima do material, o que permite um trabalho interdisciplinar com diversas componentes curriculares. Para isso, o professor pode deixar a garrafa em um local por aproximadamente 30 minutos e mostrar posteriormente aos estudantes a concentração de fuligem que fica no fundo da garrafa, como demonstrado na figura abaixo.

FIGURA 11: Fuligem no fundo da garrafa



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Piaget (1986) afirma que o desenvolvimento da inteligência de uma criança passa pela relação entre ela e o objeto estudado e principalmente como utiliza este objeto para apreender. E ao analisar as respostas do questionário em relação ao conceito estudado e as observações feitas pelos estudantes durante a aplicação do RE, nota-se que ainda há alguma dificuldade de assimilar o que demonstrado.

Mesmo com esta dificuldade, o aparato experimental contribuiu para uma melhora na compreensão de densidade.

5.5. EXPERIMENTO “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”:

O experimento do “Pressão e Profundidade” foi quinto a ser aplicado, já na área de hidrostática. Como seria utilizado água, o mesmo foi realizado em um espaço aberto da escola e contou com a participação de 35 estudantes.

Após as considerações iniciais, como já pré-estabelecido, os estudantes iniciaram a construção do aparato experimental que seria utilizado após receberem os materiais necessários e as orientações do professor-pesquisador.

Por ser uma aula fora da sala de aula, os estudantes serem muito jovens e não terem o hábito de sair da sala de aula e realizarem aulas práticas, muitos ficaram dispersos em um primeiro momento, mas após serem chamados a participar, não houve nenhum prejuízo durante toda a realização do Roteiro Experimental, uma vez que a turma era muito tranquila de se conversar.

Após a montagem do aparato experimental, o experimento foi realizado sem complicações e repetido cinco vezes para uma melhor observação do comportamento da água de acordo com a profundidade do furo. Vários estudantes expressaram suas hipóteses para o motivo de os furos mais baixos da garrafa terem uma vazão maior e o motivo da vazão dos furos diminuir de acordo com o nível da água. Apesar de uma explicação fora dos conceitos científicos, ficou claro que os estudantes sabiam o motivo da mudança da vazão da água de acordo com o nível d'água.

FIGURA 12: Realização do Experimento

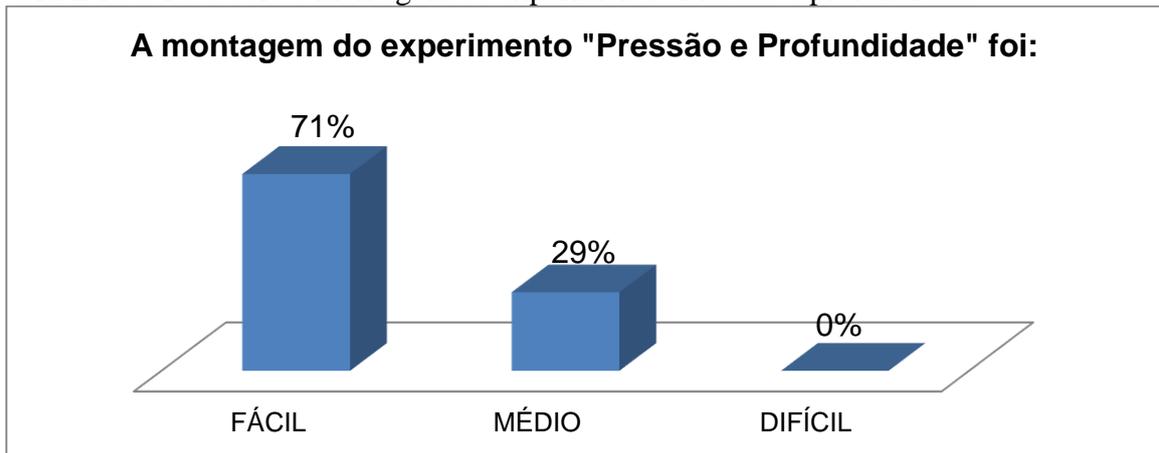


Fonte: Acervo ao autor. (2022)

Após finalizada as observações, durante a conversa entre o professor-pesquisador e os estudantes, alguns conseguiram trazer exemplos do cotidiano para a discussão, como a vazão da água em uma torneira de acordo com a altura da caixa d'água e o funcionamento de uma bomba hidráulica de uma cisterna, o que foi muito interessante e enriquecedor e trouxe a turma novas ideias de experimentos, além de alguns acharam o experimento muito simples.

Por último os estudantes foram convidados a responderem ao questionário on-line e ao analisar os resultados, no que se refere ao grau de dificuldade na realização do experimento, pode-se observar que a maioria dos estudantes considerou a montagem do aparato experimental foi e apresentaram sugestões que consideraram poder melhorar a experimentação dos estudantes e aumentar a curiosidade dos mesmos.

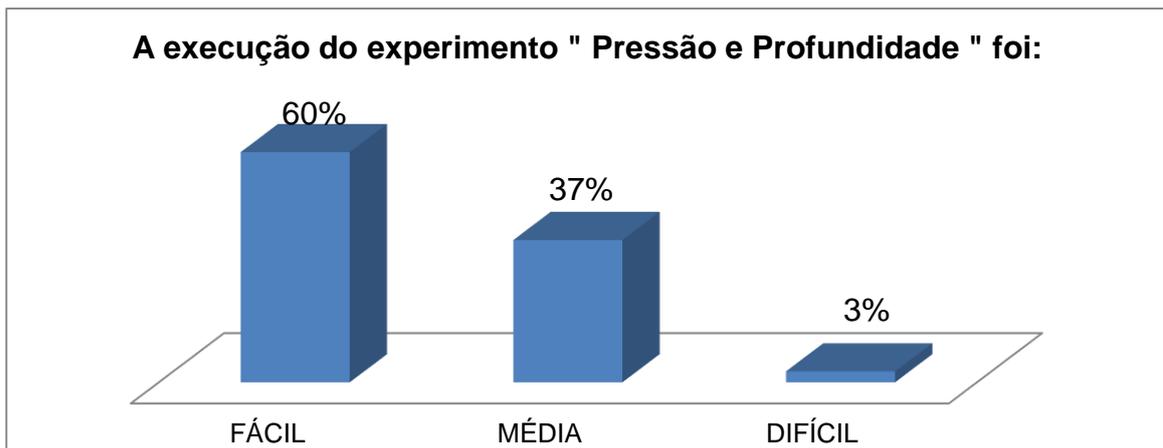
GRÁFICO 13: Sobre a montagem do experimento "Pressão e profundidade "



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a execução do experimento, não houve nenhum problema a ser considerado. A única dificuldade inicial dos estudantes foi em tirar as fitas com rapidez e juntos, o que não foi um empecilho na realização do experimento.

GRÁFICO 14: Sobre a execução do experimento "Pressão e Profundidade".



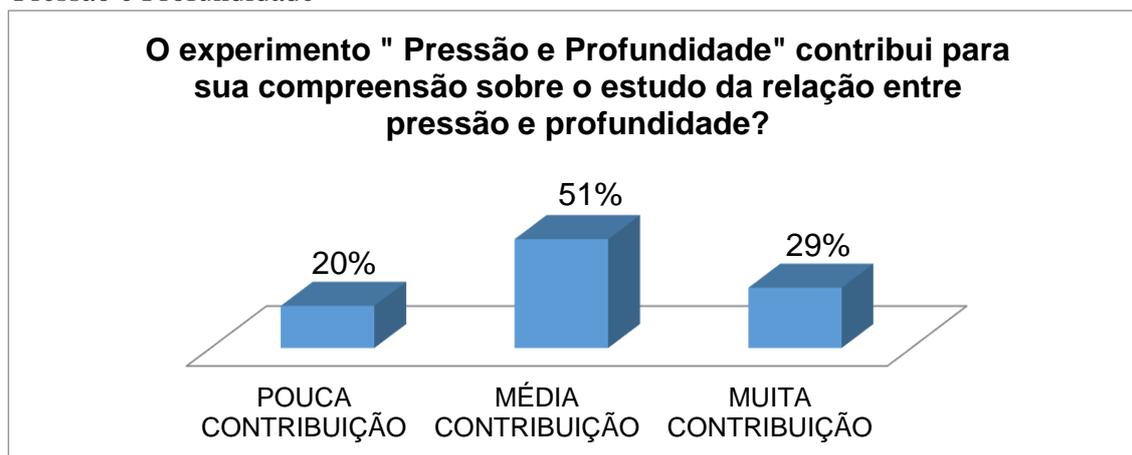
Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a contribuição do experimento para a compreensão da relação entre de Pressão e a Profundidade, notou-se que muitos estudantes não compreenderam a relação do experimento com o conceito demonstrado, o que pode ocorrer caso o estágio cognitivo operatório-formal ainda não esteja completamente consolidado. Uma das hipóteses para este problema pode ser a

falta de estímulo a curiosidade dos estudantes de entenderem como funcionam situações cotidianas.

O GRÁFICO 15 mostra que para a maioria dos estudantes houve uma compreensão parcial do conceito.

GRÁFICO 15: Sobre a contribuição do experimento para compreensão do conceito de Pressão e Profundidade



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quando questionados sobre os aspectos negativos da realização do experimento, 77% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações foram: Dificuldade na montagem, material utilizado, risco de queda pela água no chão e falta de compreensão do que foi demonstrado.

No QUADRO 13 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE E.

QUADRO 13: Aspectos negativos relacionados a realização do experimento " Pressão e Profundidade" em sala de aula	
Est. 01	Podem ser difícil cobrir os furos com a fita, mas como experimento se baseia em tentativa e erro, não vejo como um aspecto negativo.
Est. 02	DIFICULDADE EM TAMPAR OS FUROS
Est. 08	Sala bagunçada
Est. 10	Um aspecto negativo foi a realização do experimento, que apresentamos uma certa dificuldade
Est. 11	Utilização do Material
Est. 16	SAI COM MAIS DÚVIDAS
Est. 27	MOLHOU MUITO A QUADRA
Est. 28	EXPERIMENTO MUITO SIMPLES
Est. 35	TER CUIDADO PARA NÃO ESCORREGAR NA ÁGUA

Em relação ao questionamento sobre os aspectos positivos da realização do experimento, 7% não opinaram. Dentre os demais as principais considerações foram: Compreensão sobre o conceito, aula mais interessante, aguçou a curiosidade, aula divertida e diferente, material de

fácil acesso e participação da turma. No QUADRO 14 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE E.

QUADRO 14: Aspectos positivos relacionados a realização do experimento " Pressão e Profundidade" em sala de aula	
Est. 01	O experimento proporciona melhor compreensão didática sobre a pressão e profundidade, onde mostra que a pressão atmosférica influencia em toda vazão de água.
Est. 02	DEU PRA ENTENDER A DIFERENÇA DAS PRESSÕES
Est. 04	A AULA É BEM INTERESSANTE E VAI AJUDAR MUITO A GENTE NO ENSINO MÉDIO
Est. 10	Um ótimo entendimento da pressão do ar, e uma demonstração incrível de como funciona, além de ser bem interessante
Est. 13	ENTENDI ATE SOBRE BIOLOGIA NESTA AULA.
Est. 14	Foi um experimento legal e que ajudou a compreender melhor a matéria
Est. 16	ME DEIXOU QUERENDO ESTUDAR MAIS
Est. 17	O MATERIAL É FÁCIL DE CONSEGUIR E O EXPERIMENTO É FÁCIL DE FAZER E ENTENDER
Est. 19	AJUDOU A ENTENDER BEM O ASSUNTO
Est. 21	Apreendi mais sobre a matéria e tive uma compressão melhor sobre pressão
Est. 22	UM ASSUNTO NOVO COM UMA EXPERIÊNCIA SIMPLES
Est. 24	União da turma em prol da execução do trabalho
Est. 35	DEU PRA ENTENDER, MAS DESPERTOU MUITAS DÚVIDAS

Para a pergunta em relação a sugestões para melhorar a realização do experimento, 64% não opinaram. Dentre os demais as sugestões foram: Usar um recipiente maior, elaborar experimentos mais complicados, maior participação da turma e separar a sala em grupos. No QUADRO 15 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE E.

QUADRO 15: Sugestões para melhorar a realização do experimento "Pressão e Profundidade" em sala de aula.	
Est. 01	Acredito que realizá-lo em um recipiente maior teria um impacto maior sobre os alunos, sendo assim, o experimento poderia ser feito em um recipiente maior.
Est. 08	A sala poderia colaborar
Est. 11	Utilizar uma garrafa mais firme
Est. 15	PODIA USAR UM RECIPIENTE MAIOR
Est. 16	MAIS EXPLICAÇÃO
Est. 17	PODIAMOS TER FEITOS VARIOS AO MESMO TEMPO
Est. 19	PODIA SEPARAR A SALA EM GRUPOS
Est. 21	Organização
Est. 26	Preparar e testar antes
Est. 28	UM EXPERIMENTO MAIS COMPLICADO
Est. 30	PODIA USAR UMA GARRAFA MAIOR
Est. 31	Nenhuma pois os experimentos estão sendo bem objetivos e a turma está colaborando.

Após a aplicação do experimento o professor-pesquisador pôde perceber que uma parte significativa do grupo estudado apresentou grande dificuldade em compreender os conceitos físicos e identifica-los em suas vidas cotidianas demonstrando uma falta de desenvolvimento cognitivo.

Sugere-se portanto que para realização deste RE, pode ser mais interessante separar a turma em pequenos grupos para aumentar a concentração dos participantes, permitindo desta forma uma melhor assimilação que talvez permita uma troca de hipóteses mais significativa que possa propiciar uma melhora no resultado final no que se refere a compreensão dos estudantes.

É interessante também buscar uma forma de não molhar tanto o espaço físico utilizado para evitar acidentes. Talvez utilizando vasilhas para reter a água que posteriormente poderá até mesmo ser reutilizada.

5.6. EXPERIMENTO “MANGUEIRA DE NÍVEL”:

O experimento do “Mangueira de Nível” tinha como objetivo demonstrar o conceito de pressão e pressão hidrostática utilizando o que talvez seja mais comum para os estudantes. O Roteiro Experimental foi trabalhado com um grupo de 30 estudantes.

Em um primeiro momento, como pré-estabelecido, em um primeiro momento o professor-pesquisador explicou sobre o que se tratava o experimento, os fenômenos físicos que deveriam ser analisados e abriu espaço para uma breve discussão de ideias acerca do assunto com os estudantes.

Em um segundo momento, uma mangueira de nível de dois metros, uma fita métrica e um corante artificial da cor preta foram entregues aos estudantes e o professor-pesquisador passou as primeiras instruções. Mais uma vez, como seria utilizado água, o experimento foi realizado fora da sala de aula.

Já com as instruções compreendidas, em um primeiro momento a mangueira ficou cheia de água com corante e os estudantes se dividiram de quatro grupos, onde o primeiro ficou responsável por nivelar as pontas da mangueira utilizando diversos espaços da escola a escolha deles, o segundo ficou responsável por fazer as medições nivelamento com o uso de uma fita métrica, o terceiro em registrar as medições e o quarto em registrar o momento com fotografias e filmagens.

Em um segundo momento, a parte do meio da mangueira foi elevada e apenas suas laterais foram preenchidas com a água com o corante, para demonstrar aos estudantes que o ar é um fluido e mesmo que não possamos perceber em nosso cotidiano, ocupa lugar no espaço. Feito isso, foi possível refazer algumas medidas para verificar se o ar iria interferir consideravelmente no resultados em relação aos anteriores. O que de fato aconteceu.

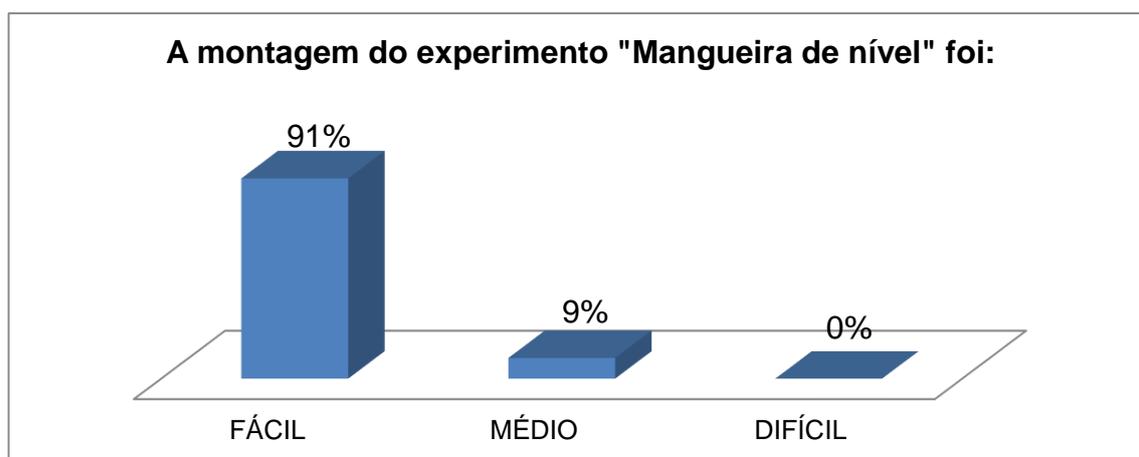
Apensar de ser um experimento relativamente simples de ser realizado, foi um dos que mais prenderam a atenção a turma, pois muitos já viram ou conheciam a aplicação da mangueira

de nível em obras civis, conhecem alguém que trabalha nesta área ou até mesmo ajuda a família em obras.

Os dados coletados, teve como objetivo apenas demonstrar a funcionalidade do experimento, uma vez que a presente pesquisa tem como objeto a demonstração fenomenológica dos conceitos Físicos. Mas tais dados, geraram uma produtiva discussão e questionamento como a capacidade de pessoas sem instrução utilizarem de algo tão rico em conceitos físicos feito a luz a discussão. Outros estudantes relataram que algum parente ou conhecido trabalham na construção civil e fazem uso de tal ferramenta e isso deixou a turma extremamente empolgada e curiosa, querendo saber o que mais é utilizado na construção civil que tem uma relação direta com a componente curricular Física.

Em seguida, os estudantes responderam ao questionário e no gráfico 16 são apresentadas as opiniões quando a montagem do experimento onde pode-se notar que mais de 90% acharam a montagem fácil.

GRÁFICO 16: Sobre a montagem do experimento "Mangueira de Nível "



Fonte: Acervo do autor. (2023)

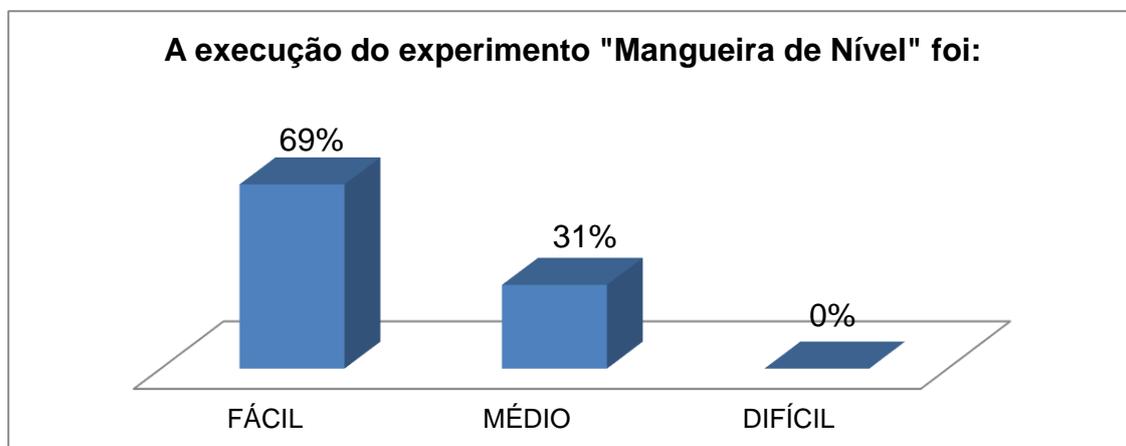
O levantamento das respostas do questionário em relação a execução do experimento, mostra que para a maioria dos estudantes não houveram problemas que interferissem negativamente na Intervenção Pedagógica.

O único fato a ser pontuado é que no início do experimento os estudantes estavam colocando a água no interior da mangueira de forma muito rápida e estava havendo formação de bolhas de ar no interior do líquido. O professor-pesquisador interveio e orientou os estudantes a fazerem o preenchimento da mangueira com mais calma. Os estudantes seguiram as orientações e conseguiram realizar a primeira tarefa.

Feito isso, foram feitas medições em diversos espaços da escola para verificar o nivelamento destes espaços, como na rampa de acesso, nas escadas e até na quadra poliesportiva.

Assim toda Intervenção Pedagógica ocorreu como esperado e os fenômenos físicos demonstrados sem problemas a serem considerados.

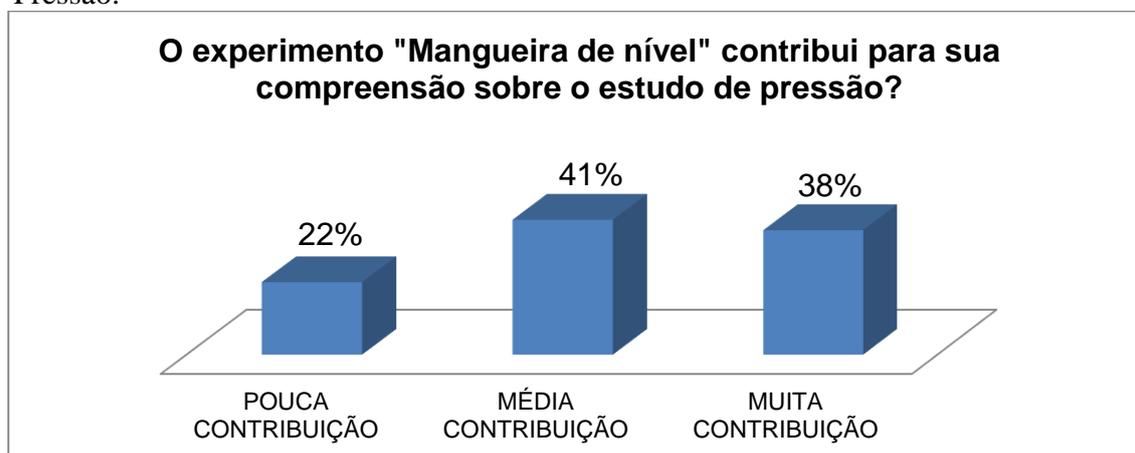
GRÁFICO 17: Sobre a execução do experimento “Mangueira de Nível”.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a contribuição do experimento para a compreensão dos conceitos de pressão, o experimento contribuiu principalmente para uma compreensão parcial do tema, seguido de uma grande compreensão e um número menor de estudantes que não conseguiram absorver nenhum conhecimento sobre o que se propunha.

GRÁFICO 18: Sobre a contribuição do experimento para compreensão do conceito de Pressão.



Fonte: Acervo do autor (2023)

Apesar de ter sido o experimento mais conhecido pelos estudantes, foi também o que o maior número de estudantes respondeu que não houve contribuição para aquisição de um novo conhecimento, o que merece uma atenção especial e uma análise do que pode ser melhorado em outras oportunidades.

Ao serem questionados sobre os aspectos negativos da realização do experimento em sala de aula, 59% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações

foram: Dificuldade em compreender os conceitos relacionados, dificuldade na montagem, tamanho da mangueira, dificuldade na execução, pouco material e cor do corante. No QUADRO 16 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE F.

QUADRO 16: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "Mangueira de nível" em sala de aula	
Est. 04	NÃO CONSEGUI ACOMPANHAR O RACIOCÍNIO
Est. 06	A MANGUEIRA PODIA SER MAIOR
Est. 10	DIFÍCIL ACHAR O EQUILÍBRIO
Est. 12	AINDA NÃO ENTENDI O QUE O AR TEM A VER COM A AGUA NA MANGUEIRA
Est. 15	PODIA TER MAIS MANGUEIRAS
Est. 20	APESAR DA SIMPLICIDADE, TEM MUITO COISA PRA ENTENDER
Est. 21	MUITA BAGUNÇA PARA COLOCAR A AGUA NA MANGUEIRA
Est. 23	NÃO CONSEGUI ENTENDER NADA
Est. 27	É MUITO CONCEITO. ACHEI QUE ERA MAIS SIMPLES

Ao serem questionados os aspectos positivos da realização do experimento, 8% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as principais considerações foram: A simplicidade do experimento, a compreensão sobre o conceito de forma mais ampla ou parcial, entender que a Física faz parte do cotidiano, experimento divertido e dinâmico, materiais de baixo custo, despertou a curiosidade e demonstrou a importância dos estudos. No QUADRO 17 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE F.

QUADRO 17: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "Mangueira de nível" em sala de aula	
Est. 04	O EXPERIMENTO É BEM SIMPLES
Est. 05	ENTENDI POR QUE OS PREDEIROS USAM ISSO
Est. 06	DEU PRA ENTENDER A RELAÇÃO ENTRE A PRESSÃO DA AGUA E A DO AR
Est. 10	ENTENDI UM POUCO O FUNCIONAMENTO
Est. 13	FIQUEI IMPRESSIONADA COM A SIMPLICIDADE DA REALIZAÇÃO E DA FORMA COM QUE ENTENDI
Est. 18	ENTENDER QUE O AR, MESMO NÃO PARECENDO, OCUPA UM ESPAÇO DENTRO DA MANGUEIRA
Est. 19	FÁCIL DE FAZER E BARATO
Est. 22	COMO PODEMOS APRENDER MUITA COISA QUE A GENTE JÁ VÊ E NÃO SABE COMO FUNCIONA

Por fim, os estudantes foram questionados sobre sugestões para a melhoria da realização do experimento e 84% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais, as sugestões foram: Usar uma mangueira maior, utilizar um líquido fluorescente e usar mais de um mangueira. No QUADRO 18 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE F

QUADRO 18: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "Mangueira de nível" em sala de aula.	
Est. 06	MANGUEIRA MAIOR
Est. 11	ACHO QUE FICARIA LEGAL COM UMA COR FLUORESCENTE
Est. 12	NÃO TEM, SO ACHO QUE PRECISO ESTUDAR SOBRE ISSO
Est. 15	ACHO QUE SE TIVESSE MAIS MANGUEIRAS A GENTE PODIA FAZER MAIS COISAS

Com a aplicação do RE, fica com sugestão, separar a sala em grupos menores e reaplicar o experimento no Ensino Médio quando os estudantes estarão mais preparados para compreender os conceitos, uma vez que ficou claro que os mesmos ainda não detêm a maturidade cognitiva necessária para uma melhor compreensão do tema abordado, principalmente por terem tido este primeiro contato com o mesmo.

Mas observou-se que apesar de não ter alcançado todos os estudantes é importante ressaltar que o experimento contribuiu para uma melhora no entendimento dos conceitos de pressão hidrostática e pressão atmosférica. Destacando que, apesar do foco principal serem os conceitos de pressão atmosférica e pressão hidrostática, a Intervenção Pedagógica propiciou que fossem citados os conceitos de empuxo e dos Teoremas de Stevin e Pascal.

5.7. EXPERIMENTO “PÊNULO DE FOUCAULT”:

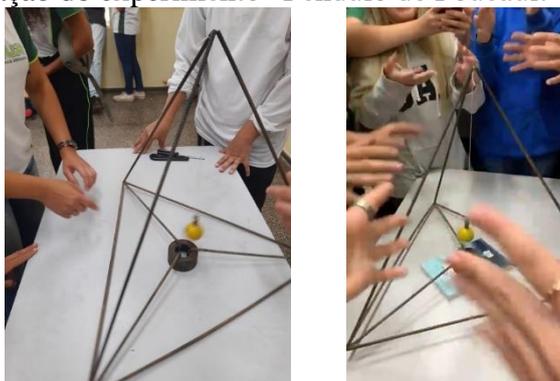
O experimento “Pêndulo de Foucault” é um experimento muito rico em conceitos, como Movimento Harmônico Simples, Movimento Circular, Independência dos Movimentos, dentre outros. Mas para este trabalho, o objetivo foi mostrar o movimento rotacional da Terra.

Após alguns testes com materiais mais acessíveis e simples, constatou-se a necessidade um aparato maior e portanto o professor-pesquisador optou em montar a estrutura feita de vigas de metal e um rolamento conforme apresentado no RE do APÊNDICE E.

Na aplicação do Roteiro Experimental, 31 estudantes estavam presentes. Como o experimento foi levado para sala de aula montado, alguns estudantes se sentiram frustrados, mas após a explicação do professor-pesquisador do motivo, todos compreenderam e a intervenção teve sequência.

Após explicar o que seria demonstrado e o que deveria ser observado, os estudantes colocaram o pêndulo para oscilar e começaram a girar a plataforma. Ao observarem que o pêndulo, mesmo anexado a plataforma não acompanhava o movimento da mesma, o interesse e a euforia tomaram conta da turma. Alguns estudantes que estavam mais dispersos logo se aproximaram para ver o que estava acontecendo.

FIGURA 12: Realização do experimento “Pêndulo de Foucault”

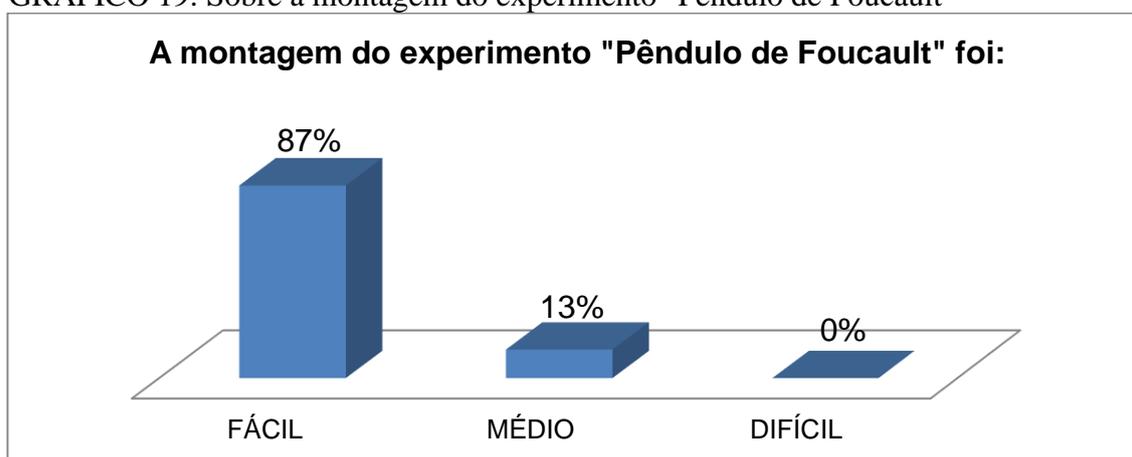


Fonte: Acervo do autor. (2022)

Os estudantes mudaram o sentido de rotação, alteraram o ângulo de oscilação do pêndulo e sempre observavam incrédulos a mesma situação. Apenas quando a velocidade era alterada rapidamente, o pêndulo sofria uma alteração devido à ação do ar em sua volta, o que foi explicado pelo professor-pesquisador na ocasião.

Por último, foi debatido com os estudantes o que foi observado e ficou notória a empolgação com o experimento, pois muitos não acreditavam que fosse capaz de acontecer o que eles acabaram de presenciar (independência dos movimentos). Passado este momento, os mesmos responderam ao questionário e no gráfico 19 são apresentadas as opiniões quando a montagem do experimento, que na verdade não foi realizada por eles por motivo já apresentado.

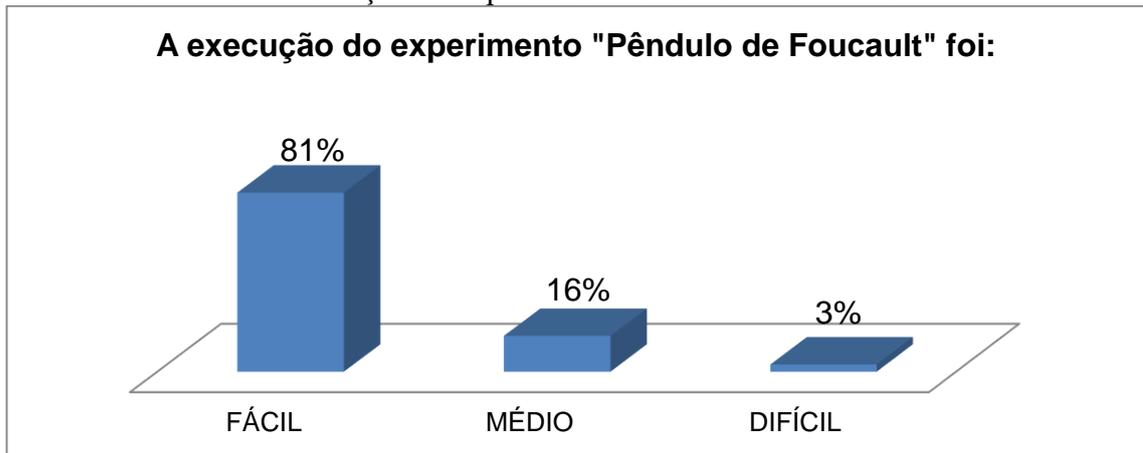
GRÁFICO 19: Sobre a montagem do experimento "Pêndulo de Foucault "



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a execução do experimento em sala de aula, as respostas estão no GRÁFICO 20. O único problema apresentado, foi que o rolamento no momento do experimento, em alguns momentos estava agarrando, o que foi resolvido com um pouco de lubrificante de máquina.

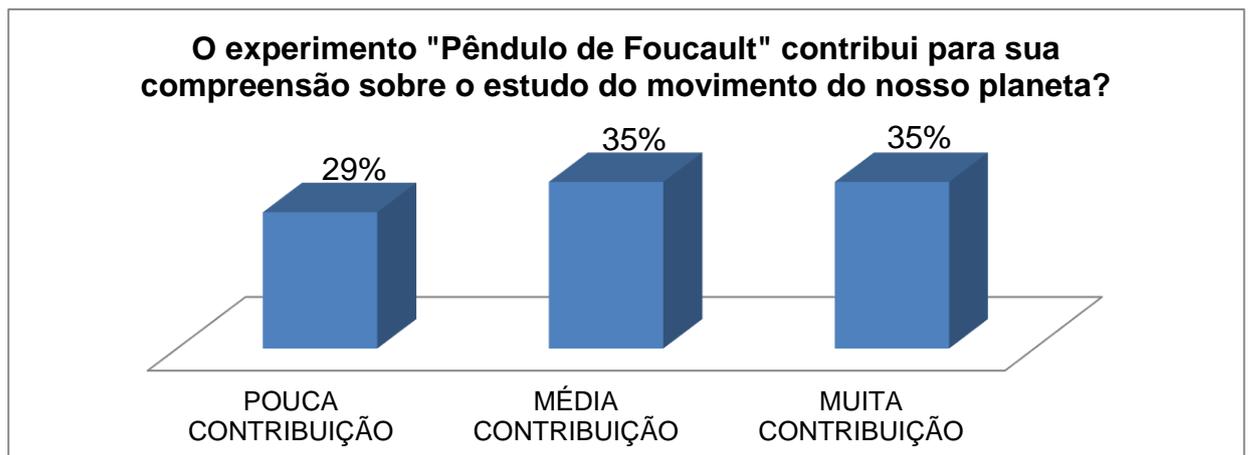
GRÁFICO 20: Sobre a execução do experimento “Pêndulo de Foucault”.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Quanto a contribuição do experimento para a compreensão do conceito de rotação da Terra, os resultados ficaram muito próximos, como pode ser observado no GRÁFICO 21:

GRÁFICO 21: Sobre a contribuição do experimento para compreensão do conceito de Rotação da Terra.



Fonte: Acervo do autor. (2023)

Em relação aos aspectos negativos da realização do experimento, 74% dos estudantes não opinaram. Para os demais, as principais considerações foram: Não ter sido montado na sala, muita teoria e não ser possível fazer em casa. No QUADRO 19 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE G.

QUADRO 19: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "Pêndulo de Foucault" em sala de aula	
Est. 01	O experimento já foi montado. Deveria ter um jeito da gente montar na sala
Est. 03	A bagunça dos meninos quando viram funcionando
Est. 05	Não dá pra fazer igual em casa
Est. 20	MUITA TEORIA COMPLICADA
Est. 22	O DISCO ESTAVA AGARRANDO UM POUCO

Sobre a pergunta relacionada aos aspectos positivos da realização do experimento, 6% dos estudantes não opinaram. Dentre os demais as principais considerações: Participação da

turma, experimento incrível, tema incrível, importância do tema, aula bem organizada e interessante, curiosidade da turma, experimento fácil de entender e divertido. No QUADRO 20 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE G

QUADRO 20: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "Pêndulo de Foucault" em sala de aula.	
Est. 01	O experimento é incrível. Dá um nó na nossa cabeça
Est. 02	Acho que poderiam ter mais
Est. 03	Dá pra ver claramente o que é um Referencial não inercial
Est. 04	Ver o que acontece e como isso funciona com nosso planeta é muito bom e vai ajudar muito nos nossos estudos
Est. 06	NUNCA VI A TURMA TÃO CONCENTRADA E FELIZ
Est. 10	TRAZER UMA FORMA NOVA DE MOSTRAR OS FENOMENOS A NOSSA VOLTA
Est. 12	Fácil entendimento e divertido de se fazer mesmo sendo complicado
Est. 15	DEU PARA ENTENDER MUITA COISA
Est. 16	O TEMA É INCRIVEL
Est. 19	FOI O ÚNICO ONDE TODOS REALMENTE SE INTERESSARAM.
Est. 24	QUANDO COMEÇOU A RODAR, NINGUEM ACREDITAVA NO QUE TAVA ACONTECENDO
Est. 29	FOI UMA AULA SUPER INTERESSANTE
Est. 32	TUDO MUITO BEM ORGANIZADO E TODOS MUITO CURIOSOS
Est. 34	Ele nos ajuda a entender facilmente a rotação do planeta Terra erra

Em relação as sugestões para melhoria da realização do experimento, 61% não opinaram. Dentre os demais as sugestões foram: Montar o experimento em sala de aula, introduzir a matemática no experimento, montar miniaturas do experimento, procurar uma forma mais simples de montar, ter mais de um aparato, cuidado com o rolamento. No QUADRO 21 encontram-se as respostas mais relevantes para esta pergunta. Todas as respostas encontram-se disponíveis no APÊNDICE G

QUADRO 21: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "Pêndulo de Foucault" em sala de aula.	
Est. 02	Não tem um jeito mais simples e barato de fazer?
Est. 10	PODIAMOS MISTURAR A MATEMÁTICA COM A FÍSICA, JÁ QUE A BASE É UM TRIANGULO
Est. 15	NÃO SERIA POSSÍVEL MONTAR O EXPERIMENTO COMO FIZEMOS COM OS OUTROS?
Est. 29	MONTAR MINIATURAS EM GRUPOS
Est. 31	MAIS BASES PARA QUE A GENTE POSSA SER SEPARADO EM GRUPOS
Est. 34	Colocar óleo no rolamento

Com a aplicação do RE, fica claro o quão importante são as práticas experimentais no Ensino Fundamental para contribuir para que os estudantes consigam alcançar um nível de inteligência cognitiva mais avançado. Observou-se que dentre todos os experimentos, mesmo sendo o que mais chamou a atenção dos estudantes, também foi o que tiveram maior dificuldade em compreender o que estava sendo demonstrado durante a realização da experimentação.

Elas viram o experimento muito mais como um brinquedo ou um truque de mágicas como um experimento científico riquíssimo em conceitos e sua relação direta com o movimento de rotação do nosso planeta.

Pela riqueza do experimento “Pêndulo de Foucault”, sugere-se que o mesmo seja utilizado em diversos momentos durante o Ensino Médio, tendo vista que pode ser muito útil para compreensão de conceitos como a Força Inercial de Coriolis, Força Peso, Tensão, Movimento Harmônico Simples, Movimento Circular, Resistência do Ar, Atrito, dentre outros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Unidade Curricular de Física é muitas vezes considerada pelos estudantes do Ensino Médio como uma das partes mais complexas e abstratas das Ciências, por trabalhar problemas situacionais (fenômenos) que acreditam estar distantes de suas realidades. Uma das possíveis causas deste problema é que na escola primária, os estudantes têm pouca exposição às ciências exatas, portanto, à Física, o que pode causar um atraso no avanço do desenvolvimento cognitivo destes discentes, que é muito importante para a assimilação de situações abstratas e cotidianas.

De acordo com Jean Piaget, a falta de estímulos pode prejudicar o desenvolvimento cognitivo das crianças e isso resulta na dificuldade em realizar assimilações de situações abstratas e até mesmo cotidianas. Segundo ele, ao assimilar novas informações em suas estruturas cognitivas existentes, as crianças são capazes, quando necessário, de ajustar essas estruturas para acomodar novas informações.

Assim, partindo do pressuposto que os estudantes do Ensino Fundamental não recebem os estímulos necessários para possam superar as dificuldades enfrentadas no seu percurso escolar, foram elaborados Roteiros Experimentais para o ensino de Física com experimentos de baixo custo e fácil construção para auxiliar os discentes nesta questão.

Para a pesquisa foi escolhida de forma randômica uma turma de 9º Ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual do Município de Sete Lagoas/MG composta por 35 estudantes com idade média de 14 anos, que de acordo com a Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, encontram-se no estágio Operatório Formal, que se inicia por volta dos 12 anos.

Segundo Piaget, nesta fase a criança já possui a capacidade de lidar com situações abstratas e com experiências de outras pessoas. Tornam-se capazes de criar conclusões mais complexas, partindo do pensamento lógico, compreender melhor conceitos que antes não seriam possíveis e até elaborar hipóteses a partir de experiências vividas.

A elaboração dos Roteiros Experimentais utilizados nesta pesquisa, seguiu os pensamentos piagetianos, buscando contribuir para que o desenvolvimento cognitivo ocorra por meio da interação ativa da criança com seu ambiente através de práticas experimentais que permitam um encontro entre teorias, práticas laboratoriais e vivências cotidianas e os conteúdos tiveram como base a grade curricular do primeiro ano do Ensino Médio de acordo com o Currículo Básico Comum (CBC) de Física do Estado de Minas Gerais.

Como as Intervenções Pedagógicas foram voltadas para uma abordagem científica fenomenológica, não coube neste momento apresentar as ferramentas matemáticas essenciais para a compreensão de determinados fenômenos físicos. Para atingir os objetivos instrucionais do projeto, foram realizados experimentos com estudantes que, até o ano letivo de 2023, ingressariam no Ensino Médio.

Esse tipo de abordagem metodológica, com o uso de aparatos experimentais, demonstrou ir além de apenas contribuir para a aquisição de novos conhecimentos, fazendo com que os estudantes se sentissem motivados, valorizados e envolvidos no processo educacional, conforme orientações das diretrizes da BNCC.

Muitos pensadores da educação, como Alves (2018), Batista (2019), Moraes (2009), Da Rosa (2005), entre outros já acreditam que esta metodologia é o caminho para melhor compreensão dos estudantes sobre conteúdos das Ciências que apresentam maior grau de complexidade. E como demonstrado neste trabalho os resultados mostram a necessidade de reavaliar constantemente, a forma como as aulas são ministradas, tendo sempre como foco a aprendizagem correta e sólida. Não há mais espaço para que o professor seja simplesmente um transmissor de informações e os estudantes sejam apenas treinados a resolver situações-problemas pré-determinadas sem nenhum senso crítico.

Alguns princípios pedagógicos que podem ser aplicados no ensino de Ciências no 9º ano, com base nas ideias de Piaget, incluem:

- ✓ Atividades práticas e experimentais: Proporcionar aos estudantes a oportunidade de participar de experimentos, atividades práticas e investigações científicas. Isso os ajuda a construir seu conhecimento por meio da experiência direta e da interação com o mundo físico.
- ✓ Aprendizagem cooperativa: Promover a colaboração entre os estudantes, permitindo que trabalhem em grupos para resolver problemas, discutir ideias e construir conhecimento em conjunto.

✓ Questionamento e resolução de problemas: Estimular os estudantes a fazer perguntas, levantar hipóteses e resolver problemas por conta própria. Isso incentiva o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas de forma independente.

✓ Contextualização e relevância: Relacionar os conceitos científicos ao cotidiano dos estudantes, demonstrando sua importância e relevância no mundo real. Isso pode aumentar a motivação dos estudantes e facilitar sua compreensão dos conceitos científicos.

✓ Estímulo à reflexão e revisão de conceitos: Incentivar os estudantes a refletirem sobre suas próprias ideias e concepções prévias, proporcionando oportunidades para a revisão e reconstrução de conhecimentos à medida que novas informações são adquiridas.

Tais princípios foram importantes para as produções e aplicações das intervenções pedagógicas, que permitiram aos estudantes realizar assimilações, elaborações de hipóteses relacionadas ao motivo do acontecimento dos fenômenos estudados.

O experimento do “Carrinho de Galileu” foi o mais desafiador para os estudantes pela falta de hábito de realizar práticas experimentais, mas que propiciou aos mesmos uma construção e até mesmo uma redefinição dos conceitos pré-existentes de movimento, além de despertar o interesse dos mesmos por mais informações relacionadas ao experimento.

Durante a aplicação do Roteiro Experimental “Robozinho com motor desbalanceado”, foi possível perceber o amadurecimento dos estudantes com as aulas experimentais que não estavam tão evidentes nas intervenções pedagógicas anteriores e os mesmos já foram capazes de assimilar o experimento com os conceitos adquiridos nos encontros anteriores de Movimento Retilíneo Uniforme.

O experimento “Atrito zero” permitiu relacionar o que estava sendo observado com situações vivenciadas diariamente pelos estudantes, como mudar um móvel de lugar, escorregar em superfícies mais lisas, machucar quando passa o corpo em uma superfície mais áspera e até mesmo a impotência de um pneu em boas condições em um automóvel.

Outro exemplo é o experimento “Mangueira de Nível”. Um experimento simples, mas que propiciou uma assimilação quase instantânea com a construção civil e ficaram espantados com toda a Ciência envolvida em uma situação corriqueira. Da mesma forma, o experimento “Pressão e profundidade” também contribuíram muito para a assimilação com situações diárias e construção de novos conhecimentos.

O experimento “Cascata de Fumaça” desmistificou o pensamento que os estudantes tinham que a fumaça é um tipo de gás. Ao realizar o experimento, eles descartaram o

pensamento que tinham sobre a fumaça e criaram um novo conhecimento baseando-se em observações e apresentação de conceito científicos.

E fechando este trabalho, foi apresentado aos alunos o aparato experimento “Pêndulo de Foucault”, que causou espanto nos estudantes sobre a indecência dos movimentos e a ligação com o movimento rotacional do nosso planeta.

A cada experimento, percebeu-se que os estudantes tornavam-se mais curiosos, mais investigativos e com mais consciência da Ciência em suas vidas. Observou-se também que os estudantes tornavam-se mais independentes para realizar as experiências e até mesmo discutindo entre eles as hipóteses e explicações dos fenômenos físicos explorados.

Durante as aplicações dos Roteiros Experimentais, foi possível perceber uma melhora gradual da turma em relação ao comportamento, comprometimento, compreensão e assimilação do que estava sendo demonstrado.

Diversos questionamentos por parte dos estudantes foram surgindo durante as aulas e muitos começaram a relacionar o que estava sendo demonstrado com seu cotidiano, fazendo assimilações e levantando hipóteses, o que não ocorria no início das intervenções pedagógica quando a maioria apresentava ter dificuldades em relacionar os conceitos científicos com conceitos cotidianos.

A escolha em deixar os conceitos matemáticos para outro momento, mostrou-se assertiva, uma vez que, ao vencer a barreira entre o abstrato e o real, o interesse por obter dados numéricos, medidas e cálculos foi despertado naturalmente nos estudantes e ao compreender a teoria, a introdução da matemática não será tão complexa e árdua como muitos estudantes no Ensino Médio relatam.

O uso de experimentos na disciplina de física pode contribuir significativamente para o amadurecimento cognitivo dos estudantes, de acordo com a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget. Piaget argumentou que a aprendizagem ocorre por meio da interação ativa com o ambiente, e os experimentos permitem exatamente isso. Ao realizar experimentos, os estudantes estão envolvidos em ações concretas que os desafiam a resolver problemas, formular hipóteses e explorar as consequências das ações que tomam.

Isso promove o desenvolvimento do pensamento operacional formal, uma das fases finais do desenvolvimento cognitivo de acordo com Piaget, onde os indivíduos são capazes de pensar logicamente, considerar hipóteses complexas e entender relações abstratas. Portanto, os experimentos não apenas enriquecem a compreensão da física, mas também promovem o desenvolvimento cognitivo, ajudando os estudantes a amadurecer intelectualmente à medida que enfrentam desafios e constroem seu conhecimento.

Espera-se que com esta abordagem metodológica que os estudantes se interessem mais pela componente curricular de Física, o que permitirá um aprendizado real, que possa ser ampliado e contemplado em sua vivência, diminuindo o alto índice de rejeição com a Física e por consequência, a queda na quantidade de estudantes reprovados ao final do ano escolar na mesma.

Sugere-se que o professor, antes de aplicar os Roteiros Experimentais, os experiencie e faça os ajustes que julgar necessários à realidade do público em que serão utilizadas. Conforme sugerido pelos estudantes participantes deste estudo, é interessante preparar uma quantidade de material que permita a divisão dos mesmos em pequenos grupos, permitindo-lhes superar juntos obstáculos que possam surgir, construindo assim o aprendizado.

É importante que o professor se utilize dos métodos de pesquisa, do incentivo coletivo, da curiosidade participativa, da organização e do autocontrole, pois de acordo com a teoria de Jean Piaget sobre o desenvolvimento cognitivo, tais ações são fundamentais para promover a aprendizagem construtivista.

Piaget acreditava que as crianças constroem ativamente o conhecimento a partir de suas experiências e interações com o ambiente e os métodos de pesquisa incentivam os estudantes a explorar, experimentar e construir seu próprio conhecimento, alinhando-se com a ideia de construção ativa do saber.

O incentivo ao trabalho coletivo permite que os estudantes desenvolvam habilidades sociais e cognitivas, à medida que compartilham perspectivas e colaboram na construção do conhecimento e a curiosidade participativa está em sintonia com a visão piagetiana de que o interesse genuíno e a motivação intrínseca desempenham um papel central no processo de aprendizagem.

A organização do conteúdo respeita a necessidade de estruturação do conhecimento, à medida que os estudantes avançam por estágios de desenvolvimento cognitivo e o autocontrole, por sua vez, está ligado à capacidade de os estudantes assumirem responsabilidade por seu próprio aprendizado, que é uma característica central do estágio de operações formais de Piaget.

Portanto, a aplicação desses princípios pedagógicos, em consonância com a teoria de Piaget, pode promover um ambiente educacional mais alinhado com o desenvolvimento cognitivo dos alunos, permitindo-lhes construir um conhecimento sólido e significativo.

Sete propostas de Roteiros Experimentais foram aqui apresentados, abrangendo as áreas de Cinemática e Hidrostática, porém, além dos tópicos trabalhados nesta pesquisa, os equipamentos experimentais confeccionados podem ser utilizados para diversos outros tópicos

de Física e permitem ainda o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação concomitantemente.

REFERÊNCIAS

BALDISSERA, Olívia. **O que todo educador precisa saber sobre Desenvolvimento Cognitivo**. UNISINOS. Disponível em <https://poseducacao.unisinos.br/blog/desenvolvimento-cognitivo#:~:text=O%20desenvolvimento%20cognitivo%20%C3%A9%20o,relacionados%20ao%20amadurecimento%20do%20c%C3%A9rebro..> Acesso em: 23 de Maio de 2023.

BARBOSA, Augusto Cesar de Castro; CARVALHAES, Cláudio Gonçalves; COSTA, Marcus Vinícius Tovar. **A Computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 249 - 254, (2006).

BARBOSA, Conceição A. Pereira; SERRANO, Claudia Serrano. **O blog como ferramenta para construção do conhecimento e aprendizagem colaborativa**. In: XXII CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. 2005. p. 14.

BIJORA, Helito. **Google Forms: o que é e como usar o app de formulários online**. Site: TechTudo, 2018. Disponível em: Acesso em 17 de mai. de 2022

BONDÍA, Jorge Larrosa. **Notas sobre a experiência e o saber de experiência**. Revista brasileira de educação, n. 19, p. 20-28, 2002.

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CÂMARA, R. H. **Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações**. Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia, Brasil, 2013.

CRECHE FIOCRUZ. **Projeto Político Pedagógico**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004.

CUNHA, Ana Maria de Oliveira; KRASILCHIK, Myriam. **A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência**. Disponível em: <https://www.anped.org.br/biblioteca/item/formacao-continuada-de-professores-de-ciencias-percepcoes-partir-de-uma-experiencia>. Acesso em: 17 de mai. de 2022

DA ROSA, Cleci Werner; DA ROSA, Alvaro Becker. **Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio**. Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias, v. 4, n. 1, 2005.

DE PÁDUA, Gelson Luiz Daldegan. **A epistemologia genética de Jean Piaget**. Revista FACEVV| 1º Semestre de, n. 2, p. 22-35, 2009.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA. Licenciatura em Física. UFSM. **“As leis de Newton valem para referenciais não inerciais?”** Publicado em: 20 de fer. 2020. Disponível em: <https://ufsm.br/r-450-464>. Acesso em: 15 de mar. de 2022.

DOS SANTOS, Tatiana V. C.; WERNER, Eduardo. **RESULTADO DO TREINO COGNITIVO COM O SOROBAN–relato de caso**. Anais do Simpósio de Enfermagem, v. 1, n.

1, 2019. Disponível em: <http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/simposioenfermagem/article/viewFile/1126/999>. Acesso em 25 de Mai 2019

EDITORA ABRIL, **Cinemática: MRU (Movimento Retilíneo Uniforme)**. Disponível em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/movimento-retilineo-uniforme/>. Acessado em 17 de mai. 2022.

EIDT, Nadia Mara; DUARTE, Newton. **Contribuições da teoria da atividade para o debate sobre a natureza da atividade de ensino escolar**. Psicologia da Educação, n.24 São Paulo jun. 2007.

FARIAS, Pablo Antônio Maia; MARTINS, Ana Luiza A. R; CRISTO, Cinthia Sampaio. **Aprendizagem ativa na educação em saúde: percurso histórico e aplicações**. Revista Brasileira de Educação médica, 2015.

FERREIRA, D. B; VILANNI, A. **UMA REFLEXÃO SOBRE PRÁTICA E AÇÕES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE FÍSICA**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2002.

FILHO, de José de Pinho Alves. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Caderno brasileiro de ensino de Física, 2004.

FREZZA, Júnior Saccon. “Noções de Referencial inercial : um estudo de epistemologia genética com estudantes de Física”. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28802>. Acessado em 24 de Março de 2021.

FREZZA, Júnior Saccon. **Noções de Referencial Inercial – Um estudo de Epistemologia Genética com alunos de Física**. UFRS, 2011

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Ed. 10, v. 1, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

JAPIASSÚ, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KOPNIN, Pavel V. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

MARTINS, Carmem Maria de Caro, et al. **Currículo Básico Comum do Ensino Fundamental de Ciências. Minas Gerais, 2008**.

MEC. **Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base**. Brasília, 2018.

MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais, terceiro ao quarto ciclos do Ensino Fundamental, Ciências Naturais**. v.4. Brasília, 1998.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos avançados, 2018.

NEWTON, Isaac. **Princípios matemáticos de Filosofia Natural**, 3 reimpr. São Paulo: USP, 2020.

NIDELCOFF, Maria Teresa. **Escola e a compreensão da realidade**. São Paulo: Brasiliense, 1979

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica: Mecânica (vol. 1)**. Editora Blucher, 2013.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (vol. 2)**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

PIAGET, Jean. **Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1996.

RABELLO, Elaine; PASSOS, José Silveira. **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. Portal Brasileiro de Análise Transacional, 2010.

SAVAIVA, Maria de Fátima O.; FILHO Kepler de Souza O.; MULER, Alexei Machado. **Astronomia antiga; esfera celeste e movimento diurno dos astros**. Departamento de Física da UFRGS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula2-132.pdf>. Acesso em: 17 de mai. de 2022.

SILVEIRA, Tamila Marques; MILTÃO, Milton S. Ribeiro. **Ensino de Física com o auxílio dos mapas conceituais à guisa de motivação para o ensino de Astronomia do nível Fundamental**. I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_TCP18.pdf. Acessado em: 17 de mai. 2022.

THORNTON, Stephen T.; MARION, Jerry B. **Dinâmica Clássica de Partículas e Sistemas**, Ed.5, Editora Cengage, 2012.

VALADARES, Eduardo Campos. **Física mais que divertida**. Editora UFMG, 2005.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

YONG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física I**. ed.12, São Paulo, Ed. PEARSON, 2008, v. 1.

YONG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física II**. ed.14, São Paulo, Ed. PEARSON, 2016.

APÊNDICES**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 28

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca

PRODUTO EDUCACIONAL

ROTEIROS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE FENÔMENOS FÍSICOS NO
ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE APARATOS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL
CONSTRUÇÃO

Alfenas
2023

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca

ROTEIROS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE FENÔMENOS FÍSICOS NO
ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE APARATOS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL
CONSTRUÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: O ENSINO DE FENÔMENOS FÍSICOS NO NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS: UTILIZANDO APARATOS DE BAIXO CUSTO E FÁCIL CONSTRUÇÃO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 28 – UNIFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):
Prof. Dr. José Antônio Pinto.
Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso.

Alfenas
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a minhas filhas, Ayla e Maria Clara por serem meu amor maior, por serem seu combustível e me darem a força e o estímulo necessários para que eu nunca desista e supere todos os obstáculos que a vida me impõe.

A minha mãe, Eliana, por ser meu alicerce e meu exemplo, por ser a mulher maravilhosa que é e meu exemplo de força e determinação. Aos meus irmãos, Hudson, Hugo e Higor, por existirem em minha vida.

Aos meus amigos que nas horas difíceis estiveram ao meu lado aos meus colegas de curso e todos os profissionais da UNIFAL por compartilharem comigo seus conhecimentos e pela parceria.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	87
CAPÍTULO 01 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “CARRINHO DE GALILEU”	89
CAPÍTULO 02 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ROBOZINHO COM MOTOR DES- BALANCEADO”	96
CAPÍTULO 03 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ATRITO ZERO”	101
CAPÍTULO 04 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “CASCATA DE FUMAÇA”	105
CAPÍTULO 05 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”	109
CAPÍTULO 06 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “MANGUEIRA DE NÍVEL”	114
CAPÍTULO 07 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PÊNDULO DE FOUCAULT” ...	117

INTRODUÇÃO:

Através de observações realizadas por este professor-pesquisador, mesmo que de forma empírica realizadas durante regências de aula para estudantes ingressantes no Ensino Médio e em conversas com professores de outras unidades curriculares ou mesmo da unidade curricular de Física observou-se que há uma significativa dificuldade na Componente Curricular Física o que permitiu a o surgimento de algumas hipóteses que justifiquem este alto grau de dificuldades e dentre elas é de senso comum a falta de preparo destes estudantes ainda no Ensino Fundamental e a não maturação do desenvolvimento cognitivo dos mesmos. De acordo com Ferreira e Villani (2002) “aprender Ciência não é fácil, pois sua linguagem não é a linguagem do senso comum. Os conceitos, mesmo que absorvidos inicialmente por analogias e fazendo ponte com os conceitos primários que o indivíduo desenvolveu durante a vida, deverão ser reconstruídos dentro do contexto científico.”.

Diversas são as teorias que têm sido propostas como forma de subsidiar o ensino nos últimos anos em nosso país, sendo algumas diretamente vinculadas ao ensino de Física, tais como as teorias tidas como construtivistas. Segundo Valadares (p.36-57, 2011): “Não há conhecimento sem objeto sobre o qual incide e sem o sujeito que o constrói, então coloca-se a questão da essência do conhecimento que tem a ver com o modo como ocorre esta relação sujeito.”

Buscando uma forma de tentar contribuir para minimizar tal situação, surgiu o pensamento de introduzir a Física de forma fenomenológica para os estudantes enquanto os mesmos ainda se encontram nos anos finais do Ensino Fundamental. Parra isso foi elaborado um produto educacional composto por sete Roteiros Experimentais (RE), onde serão utilizados experimentos com materiais de fácil aquisição e baixo custo para demonstrar apenas e de forma fenomenológica conceitos científicos para estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental que possibilitem a compreensão de conceitos de Física e contribua para a consolidação de novos conhecimentos e até mesmo fortaleça os conhecimento prévio dos estudantes.

Os RE foram produzidos, experienciados pelo professor-pesquisador e aplicados em sala de aula durante o ano de 2022 e foram escolhidas com base nas propostas do Currículo Básico Comum (CBC) do Ensino Fundamental, (2008) do Estado de Minas Gerais, dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (MEC, 1998) e da Base Nacional Curricular (BNCC) (MEC, 2018) para os estudantes do 1º Ano do Ensino Médio, segundo a principal proposta do CBC que é “proporcionar ao educando compreender as Ciências como construções humanas,

entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade” (p. 107).

Houve durante a escolha dos RE uma preocupação relacionada ao despreparo dos estudantes em assimilar situações abstratas, descritas por Piaget (1996, p. 47) como algo que “(...) constitui um processo comum à vida orgânica e à atividade mental, portanto, uma noção comum à fisiologia e à psicologia”. Segundo ele, "a assimilação não se reduz (...) a uma simples identificação, mas é construção de estruturas ao mesmo tempo em que incorporação de coisas a essas estruturas" (PIAGET, 1996, p. 364).

Espera-se com isso, contribuir para que as dificuldades encontradas pelos estudantes ao ingressarem no Ensino Médio sejam minimizadas e que a importância da Física na vida cotidiana dos mesmos seja compreendida, propiciando uma maior facilidade de assimilação, tornando o aprendizado menos ímprobo tanto para os estudantes como para os professores.

Apresentaremos a seguir os sete Roteiros Experimentais desenvolvidos e aplicados durante esta pesquisa de Mestrado: 1. Carrinho de Galileu, 2. Robozinho com motor desbalanceado, 3. Atrito zero, 4. Cascata de Fumaça, 5. Pressão e Profundidade, 6. Mangueira de nível, 7. Pêndulo de Foucault.

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM APARATOS DE BAIXO CUSTO: Estudo de movimentos, de acordo com referenciais diferentes.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca;
wanderson.fonseca@sou.unifal-mg.edu.br

RESUMO

A proposta deste Roteiro Experimental é mostrar que um movimento pode ser observado de referenciais diferentes e apresentar aos estudantes os conceitos de movimento e repouso. Este experimento, “Carrinho de Galileu”, teve como objetivo principal mostrar aos estudantes através de práticas experimentais o conceito de referencial. A Intervenção Pedagógica foi aplicada para uma turma de 35 de estudantes de uma escola estadual da região de Sete Lagoas/MG. O aparato experimental consiste em um carrinho de controle remoto simples, uma plataforma de lançamento feita com pedaços de madeira, uma seringa, elástico, um pedaço de uma garrafa PET e uma bola de gude. No experimento a bola de gude é lançada fazendo um ângulo de 90° com o plano do carrinho, enquanto este se desloca em movimento próximo ao retilíneo uniforme, retornando para mesma posição inicial no Referencial do carrinho. Este aparato é de baixo custo e o experimento é de fácil realização. Durante a realização do experimento os estudantes mostraram uma pré-disposição de realizar medidas e tiveram curiosidades relacionadas a altura máxima atingida pela bolinha e a velocidade do carrinho e o que estas duas variáveis poderiam influenciar no experimento.

Palavras-chave: Ensino de Física; Movimento; Cinemática, Referencial; Experimento.

INTRODUÇÃO

Dentre vários conceitos fundamentais da Física, um que merece muita atenção é o de Referencial, por ser necessário para analisar qualquer fenômeno físico. Se pensarmos apenas nos fenômenos da Física clássica No que diz respeito aos fenômenos clássicos da Física, a maioria das vezes é necessária à adoção de um sistema de referência que segundo LEITE e ANDRADE-NETO (2023) é:

Um sistema de referência (ou referencial) é um padrão relativo ao qual o movimento e o repouso de corpos podem ser medidos. Podemos, ainda, visualizá-lo como um aparato bastante concreto dotado, por exemplo, de três barras rígidas – de comprimento unitário, postas de modo a definir um sistema de coordenadas – para medida da posição de um corpo no espaço, juntamente com um relógio para medida do tempo. [...]” (Leite e Andrade-Neto, 2023)

O referencial inercial é útil para diversas situações, como por exemplo, as Leis de Newton. É interessante ressaltar que Newton percebeu que, para as leis do movimento serem válidas se fazia necessário um sistema de referência que é definido como sistema de referência inercial (THORNTON; MARION, 2011). Muitas vezes os referenciais são relacionados a objetos físicos, vinculando seu estado de repouso em relação ao nosso planeta, como por exemplo, prédios,

árvores, postes... Mas a verdade é que um objeto por si só não pode ser considerado um Referencial, pois o mesmo tem que ser visto como um ponto de origem e, sobre este, a intersecção de três retas perpendiculares entre si que darão as direções.

É comum utilizarmos o termo Referencial para medir velocidade, aceleração e até mesmo a posição de um objeto, grandezas Físicas que por serem vetoriais precisam de módulo, direção e sentido. Mas isso faz com que o conceito de Referencial seja mais amplo que um simples ponto de origem.

Para que se possa compreender o conceito de inércia é preciso reportar a Primeira Lei de Newton. Esta Lei é um dos pilares das Mecânicas Clássicas e moderna, como descreve, Xavier (2015):

“A lei da inércia é um dos enunciados basilares das teorias mecânicas clássicas e modernas (ao nível quântico, bem como relativista). Sucintamente, e como definição investigatória, poder-se-á avançar que a lei da inércia sugere a identificação de um certo tipo de movimento especial a que se pode chamar, apropriadamente, movimento natural” (Xavier, 2015)

O conceito do Movimento Retilíneo Uniforme é “Um corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, permanecerá desta condição até haja sobre ele a ação de uma força que mude este estado inicial”, já se nota a importância de um Referencial, pois ao enunciarmos a Lei da Inércia, somos obrigados a indicar ao que ou a quem está sendo referido o movimento do corpo livre em movimento. Podemos admitir que o movimento do corpo é relativo a um observador (ele próprio), a uma outra partícula ou a um sistema livre. Vale ressaltar que para um sistema livre, o móvel não sofre interação com o restante do universo.

METODOLOGIA

Materiais utilizados:

- Carrinho Controle Remoto sem a carcaça.
- Uma peça de madeira de 21x8cm com um furo a 11cm da borda de forma circular com 2 cm de diâmetro.
- Uma peça de madeira de 7x5 cm.
- Um cubo de madeira de 5 cm de altura e 2 cm de diâmetro.
- Uma seringa com 2 cm de diâmetro sem a borracha do êmbolo.
- Um pedaço de metal de 12 cm com um corte diagonal em uma das pontas.
- Um Funil de garrafa Pet.
- Parafusos e pregos.
- Bola de gude.

- Fita adesiva.
- Dois smartphones.

FIGURA 01: Material Utilizado.

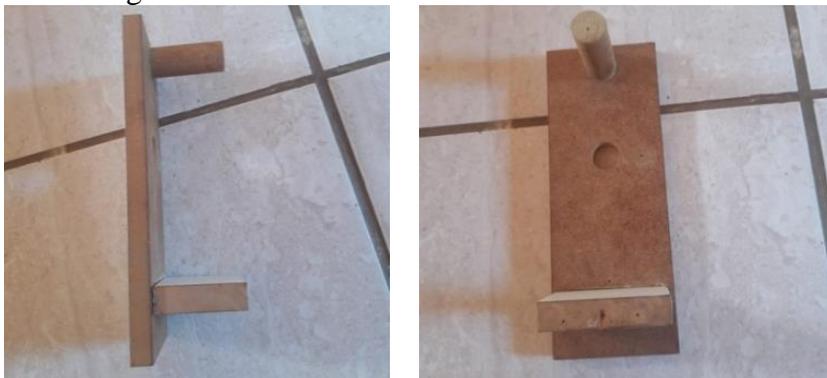


Fonte: Acervo do autor. (2021)

MONTAGEM DO EXPERIMENTO:

Para montagem da base do carrinho, deve-se utilizar as peças de madeira. As peças menores deverão ser fixadas com pregos na peça maior, conforme FIGURA 02.

FIGURA 02 – Montagem da Base.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

Após a montagem da base e verificar se a mesma encontra-se firme, prende-se a ela a placa de zinco previamente cortada em uma das pontas para encaixar na seringa, que pode ser substituída por uma placa de outro material, desde que seja rígido o bastante para não ser danificado durante a realização do experimento. Ela irá funcionar como parte do gatilho do carrinho que irá lançar a bola para cima durante o experimento e por isso deve ficar próxima do furo na madeira que receberá a seringa e na parte de baixo do suporte.

FIGURA 03 – Fixação da barra de zinco na base.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

O próximo passo é fixar o parafuso com alça e um prego pequeno na outra extremidade. Isso é fundamental para o funcionamento do carrinho.

FIGURA 04 – Fixação do parafuso que irá segurar o elástico.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

A próxima etapa é posicionar o êmbolo, já sem a borracha da ponta no furo da base. Ele será o nosso lançador quando o carrinho estiver pronto.

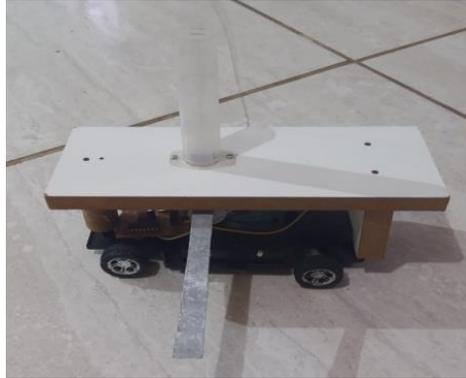
FIGURA 05: Colocação do embolo no buraco.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

Com a base pronta, é a hora de prender a base no carrinho controle remoto.

FIGURA 06: A base presa no carrinho controle remoto.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

O próximo passo é prender o elástico no preso na frente da base e no parafuso na parte interna da base.

FIGURA 07: Prendendo o elástico no parafuso e no prego.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

Agora é o momento de parafusar a segunda parte da seringa para terminar a montagem do canhão que irá lançar a bola de gude. Verifique se as duas partes da seringa estão se encaixando e a parte de baixo não está atritando com a parte de cima. É de suma importância que ela se mova livremente.

FIGURA 08: Seringa parafusada.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

Agora, para realizar os testes, é necessário puxar o embolo para baixo até que quase toque no carrinho e realizar um pequeno corte rente à plataforma de forma a permitir que a

placa encaixe perfeitamente, mantendo assim, a armação engatilhada. Em seguida coloca-se o elástico nos parafusos da base passando por debaixo do embolo já preso pela placa de zinco.

FIGURA 09: Preparando o gatilho de lançamento do Carrinho de Galileu.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

Agora para finalizar, encaixe na seringa o cone de garrafa pet. E seu carrinho de Galileu está pronto para ser testado e surpreender seus estudantes!

FIGURA 10: Carrinho de Galileu pronto.



Fonte: Acervo do autor. (2021)

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO:

Com o carrinho pronto, é o momento de armar e testar o experimento para analisar se há a necessidade de algum ajuste.

A parte central da seringa deve ser puxada até o local onde houve o corte para que possa ser encaixado o gatilho feito da placa de zinco.

Em seguida, passe o elástico por debaixo do êmbolo travado e coloque uma bola de gude no interior da seringa.

Feito isso, coloque um obstáculo próximo ao carrinho para destravar o gatilho e faça o teste com o carrinho em movimento. A ideia é que ao fazer o carrinho andar, a trava bata no obstáculo, fazendo com que a bola de gude seja lançada verticalmente para cima e caia dentro do cone de garrafa PET com o carrinho ainda em movimento.

Para demonstrar aos seus estudantes o conceito de Referencial, coloque um Smartphone sobre o carrinho, com a câmera embaixo da estrutura feita com a garrafa PET para filmar o lançamento na vertical e com o segundo Smartphone filme o lançamento lateralmente para que as duas filmagens possam ser comparadas posteriormente

RESULTADO ESPERADO

Com o uso do Carrinho de Galileu e dois Smartphones, um colocado na lateral e um acoplado ao carrinho foi possível verificar a trajetória da bolinha de dois ângulos (referenciais) diferentes. A filmagem feita lateralmente mostra que o movimento da bola ao ser lançada para cima é de uma parábola e a filmagem feita com o smartphone acoplado no carrinho, mostra apenas o movimento de subida e descida da bola, ou seja, apenas o movimento vertical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência realizada requer atenção em sua montagem, alguns testes e até paciência. Mas depois que está pronta é que se nota a riqueza apresentada no que se diz respeito ao conceito de Referencial inercial e não inercial. Pode-se também utilizar o carrinho para estudar outros tipos de movimento, como a subida em um plano inclinado, conceito de aceleração, de velocidade instantânea e relativa, espaço, percurso, direção, entre outros. Assim, o Carrinho de Galileu mostra sua versatilidade, chama a atenção dos estudantes por ser feito com um carrinho controle remoto, intriga os estudantes quando ao motivo que leva a bolinha, mesmo arremessada de um carrinho em movimento cai sobre ele novamente.

REFERENCIAL:

LEITE, Viviane B.; ANDRADE-NETO, Antônio V. **Conceitos de espaço, tempo e movimento na Mecânica Clássica e na Teoria da Relatividade**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 45, p. e20220321, 2023.

NEWTON, Isaac.; *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 3 reimpr. São Paulo: USP, 2020.

THORNTON, Stephen T.; MARION, Jerry B. **Dinâmica Clássica de Partículas e Sistemas**, Ed.5, Editora Cengage, 2012.

XAVIER, Manoel Barbosa.; **Inércia, Espaço e Tempo (com uma aplicação teórica que dispensa a Matéria Escura)**, Universidade de Lisboa, 2015. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/20150/1/ulfc114352_tm_Manuel_Xavier.pdf. Acesso: 14 de Julho de 2023.

CAPÍTULO 02 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM APARATOS DE BAIXO CUSTO: O estudo do movimento com a utilização de um “robozinho” com motor desbalanceado.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca;
wanderson.fonseca@sou.unifal-mg.edu.br

RESUMO

A inserção das crianças no processo de iniciação científica é de grande importância, é necessário reconhecer que é preciso incentivar as crianças a “fazer Ciência”, buscando assim formar cidadãos capazes de compreender a relevância de tal prática, aguçando neles a curiosidade por descobertas vindas das experimentações. O experimento proposto traz como objetivo a realização de uma prática experimental visando estudar o Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U.). Este experimento foi realizado com um grupo de 35 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual localizada na cidade de Sete Lagoas/MG. Esta prática experimental foi realizada com material e baixo custo, o que possibilita ao professor de Ciências reproduzila mesmo em escolas onde não existam laboratórios de ensino. O aparato de baixo custo facilita a realização do experimento com uma quantidade menor de estudantes em cada grupo, ou seja, um número maior de grupos. Quanto menor a quantidade de estudantes no grupo, maior a participação de cada indivíduo na realização da prática experimental. O aparato experimental “robozinho com motor desbalanceado” é construído com uma escova de lavar roupas acoplada em um motor desbalanceado.

Palavras-chave: Ciência, experiência, M.R.U, sala invertida, aprendizagem, curiosidade.

1. INTRODUÇÃO

O processo de aprendizagem da componente curricular Física, normalmente se dá de uma forma extremamente complexa e também muito ampla. Estando a Física presente em tudo o que se faz no cotidiano, podemos afirmar que desde seu nascimento, uma pessoa, ainda bebê já começa a se familiarizar com a mesma através dos sentidos, de suas experiências e interações, adquirindo com o passar do tempo conhecimentos empíricos significativos. Assim, o letramento científico é visto como uma proposta válida para despertar no ser humano o gosto pelas Ciências em geral. Seja a partir de experiências fundamentadas em crises, ansiedades, problematizações e projetos. Sempre buscando as inovações e criações.

Segundo Cunha (2017): O letramento científico pode ser conceituado como a capacidade de se envolver com as questões relacionadas diretamente ou indiretamente com a ideia da Ciência, como cidadão reflexivo. Uma pessoa letrada cientificamente, portanto, está disposta a

participar de discussão fundamentada sobre Ciência e tecnologia. Já segundo Mamede e Zimmermann (2005) o letramento científico refere-se “[...] ao uso do conhecimento científico e tecnológico no cotidiano, no interior de um contexto sócio histórico específico”. Seguindo esta linha de pensamentos, pode-se acreditar que o processo que leva a construção do conhecimento científico está diretamente relacionado a uma linguagem simples e científica que permite através dos conteúdos científicos ampliarem as noções culturais e de conhecimento de mundo como um todo.

Mas o que se percebe é que muitos conteúdos da Física, sequer são apresentados no Currículo Base Comum (CBC) da Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais, o que faz com que o estudante chegue ao Ensino Médio sem nenhum conhecimento prévio, sem quase nenhum letramento científico, o que dificulta sua aprendizagem e em muitos casos provoca desinteresse e até mesmo aversão a componente curricular.

Buscando mudar esta situação, a ideia principal por detrás deste experimento é demonstrar de forma fenomenológica o conceito de Movimento Retilíneo Uniforme permitindo uma explicação do mesmo e apresentando os conceitos por detrás dele. Acredita-se que desta forma, o estudante, ao compreender os fenômenos entendam que a Física vai muito além do que cálculos complicados e informações que para eles são inúteis e passem a se interessar mais pela Física.

Portanto iniciaremos a elaboração da aula explicando o que há por detrás do experimento e a Física envolvida:

Caracteriza-se como M.R.U o deslocamento de um móvel em linha reta com uma velocidade constante. Ou seja: o móvel percorrerá espaços iguais em intervalos de tempo iguais. É importante ressaltar que o movimento tem que acontecer impreterivelmente em linha reta, pois assim saberemos que este tipo de movimento não contém aceleração, o que só seria possível com a aplicação de uma determinada “força”, tema abordado também no primeiro ano quando se estuda Dinâmica do Movimento.

Para que possamos definir corretamente o conceito de movimento, é necessário compreender e aplicar o conceito de Referencial, que neste caso, será inercial. Fisicamente falando, Referencial é a posição em que se encontra o observador do movimento. O movimento pode ser classificado como:

1. Progressivo: Quando o móvel possui uma velocidade positiva, ou seja, o móvel se afasta do ponto de origem determinado.

2. Retrogrado: Quando o móvel possui uma velocidade negativa, ou seja, o móvel se aproxima do ponto de origem determinado.

Portanto é importante compreender que a escolha do Referencial implicará diretamente na classificação do movimento.

METODOLOGIA

Materiais utilizados:

- Escova de lavar roupas oval;
- Secador de cabelo;
- Motor de 3 volts de corrente contínua (motor de carrinho controle remoto);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas de 1,5V;
- Dois pedaços de fio;
- Cola quente.
- Régua
- Fita adesiva
- Fita Métrica

FIGURA 1 – Material Utilizado



Fonte: Acervo do autor. (2022)

MONTAGEM DO EXPERIMENTO:

Utilizando a cola quente, prenda o motor de 3V em uma das extremidades da escova e o suporte de pilha no meio da mesma. Conecte os fios do motor ao suporte de pilhas. Faça um

teste com as pilhas para verificar se as conexões estão firmes. Use cola quente caso ache necessário.

FIGURA 02 – Montagem do circuito do robozinho



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Depois do circuito montado, é necessário esquentar as cerdas da escova de lavar roupas com o secador para poder fazer com que as mesmas sejam todas orientadas na mesma direção.

FIGURA 3: Direcionando as cerdas da escova



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Ao concluir a montagem do experimento, alinhando as cerdas da escola de lavar roupas, colando os componentes eletrônicos sobre ela, colocando um peso na ponta do motor e fazendo as devidas conexões dos fios o resultado final ficará como podemos observar na FIGURA 4 deste RE:

FIGURA 4: Robozinho ponto



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Com a ajuda da régua, faça marcações no chão com a fita isolante. Marque primeiramente espaços iguais (recomenda-se 30 cm). Em seguida passe um pedaço da fita perpendicular às marcações para montar uma linha reta.

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO:

Escolha um Referencial como ponto de partida e solte o robzinho e marque o tempo gasto por ele para percorrer cada marcação feita. (Isso servirá apenas para demonstrar para os estudantes que o movimento é praticamente constante)

RESULTADO ESPERADO

Espera-se com a realização deste experimento permita ao estudante observar o fenômeno M.R.U. É importante ressaltar para os estudantes que a pequena variação do tempo se dá por questões Físicas externas que serão trabalhadas em momento oportuno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode notar, trata-se de uma experiência simples, mas rica em conceitos físicos estudados na Cinemática. Seus materiais simples e com uma montagem relativamente fácil faz com que sua execução possa ocorrer sem grandes problemas.

Experimentos assim são os que devem ser buscados por professores, principalmente da rede pública de ensino, pois trazem para o estudante uma aula diferenciada, atrativa e que permite levar o estudante a levantar questionamentos e construir seu conhecimento sobre o assunto abordado sem desconsiderar seu conhecimento prévio.

REFERENCIAL

CUNHA, Ana Maria de Oliveira; KRASILCHIK, Myriam. **A formação continuada de professores de Ciências: percepções a partir de uma experiência.** Disponível em: <https://www.anped.org.br/biblioteca/item/formacao-continuada-de-professores-de-ciencias-percepcoes-partir-de-uma-experiencia>. Acesso em: 17 de mai. de 2022

MAMEDE, M. A; ZIMMERMANN, É. **Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de física.** XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2005.

MARTINS, Carmem Maria de Caro, et al. **Currículo Básico Comum do Ensino Fundamental de Ciências. Minas Gerais, 2008.**

CAPÍTULO 03 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “ATRITO ZERO”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVES DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO:

Visualizando o efeito do “ATRITO ZERO” entre superfícies.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca
Wanderson.fonseca@sou.unifal.mg.gov.br

RESUMO:

O experimento proposto neste Roteiro Experimental tem como finalidade apresentar uma situação, no Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), onde o atrito pode ser desprezado, tendo em vista que, as forças de atrito envolvendo o experimento praticamente não altera o seu movimento de forma relevante. O aparato experimental, denominado “Atrito Zero” é de baixo custo, utilizando apenas uma tampa de garrafa PET, uma bexiga de festa e um CD. O experimento deve ser realizado em uma superfície nivelada e sem sobressalto. Por sua simplicidade, o experimento pode ser reproduzido pelos estudantes em qualquer ambiente, não sendo necessário um laboratório de ensino. Este experimento contribui para que os estudantes possam perceber o atrito em diversas situações do cotidiano. Para este estudo, a prática experimental foi realizada com uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental com 35 estudantes, de uma escola estadual do município de Sete Lagoas/MG. Os mesmos foram separados em grupos com cinco membros, o que permitiu que todos participassem de forma ativa da intervenção pedagógica. O experimento facultou aos estudantes observarem, de forma fenomenológica, o movimento uniforme sem atrito.

Palavras-chave: Atrito, movimento, força, contato.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Halliday, Resnick e Walker:

Quando empurramos ou tentamos empurrar um corpo que está apoiado em uma superfície, a interação dos átomos do corpo com os átomos da superfície faz com que haja uma resistência ao movimento. A resistência é considerada como uma única força que recebe o nome de força de atrito, ou simplesmente atrito. Essa força é paralela à superfície e aponta no sentido oposto ao do movimento ou tendência ao movimento. (Ed. 10, v.1, p.289, 2016)

Percebemos a força de atrito em nosso cotidiano sempre que tentamos mudar o estado de inércia de um corpo. Sempre que tentamos fazer um objeto se deslizar sobre uma superfície, surge entre as superfícies uma força de atrito que está relacionada à superfície de contato e atua sobre o objeto. Tal força é sempre paralela e opostora ao movimento.

Para um corpo em repouso, a força que atua sobre ele é conhecida como força de atrito estático e é representada pelo símbolo \vec{f}_s . Já no caso de o corpo estar em movimento, surgirá sobre ele uma força chamada de força de atrito cinético, representada pelo símbolo \vec{f}_k .

É importante que tenhamos em mente que as forças de atrito estão presentes em nossas vidas de forma inevitável. Lutamos contra elas quase que o tempo inteiro.

Mas a força de atrito tem um valor máximo, portanto para que consigamos colocar um objeto em movimento é preciso aplicar sobre ele uma força maior do que este valor máximo.

Habitualmente a força e atrito cinético, é menor do que a força de atrito estático, que age sobre os objetos em repouso, o que é explicado por Monteiro (2012):

Coulomb estabeleceu uma clara distinção entre o atrito estático e o atrito cinético que ocorrem quando não há ou há movimento relativo entre as superfícies em contato: a força de atrito cinético é sempre menor do que o a força de atrito estático e, uma vez iniciado o movimento entre duas superfícies em contato, a força de atrito cinético permaneceria constante. Sugeriu, ainda, que o atrito entre superfícies metálicas secas seria devido a encaixes microscópicos entre as superfícies, ideia que perdurou até meados do século passado (MONTEIRO, 2012).

Dessa forma, para que seja possível mover um objeto sobre uma superfície, mantendo uma velocidade constante, é preciso que se diminua a intensidade da força colocada inicialmente sobre o objeto, fazendo assim com que a força resultante se torne nula. Ou seja, é preciso uma força maior para colocar um objeto em movimento do que para mantê-lo em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

METODOLOGIA

Material Utilizado:

- 01 CD;
- 01 Tampinha de garrafa Pet;
- 01 Prego;
- 01 Martelo;
- 01 Bexiga;
- 01 Pistola de cola quente.

FIGURA 01 – Material utilizado



Fonte; Acervo do autor. (2022)

MONTAGEM DO EXPERIMENTO:

Para montagem do experimento, comece fazendo um pequeno furo no centro da tampinha de garrafa PET utilizando um prego de 10mm e um martelo.

FIGURA 02 – Furando a tampa de garrafa PET



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Depois cole a tampinha do CD utilizando a cola quente. Espere alguns minutos até secar. Sobre no furo para saber se não está vazando ar entre a tampinha e a garrafa.

FIGURA 03 – Colando a tampinha de garrafa Pet ao CD



Fonte: Acervo do autor. (2022)

Quanto a cola já estiver seca, certifique-se que o ar não pode passar por nenhum orifício a não ser o furo feito anteriormente. Feito isso, encaixe a bexiga sobre a tampinha.

FIGURA 04 – Experimento montado



Fonte: Acervo do autor. (2022)

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Com a bexiga cheia de ar, é preciso que a mesma seja encaixada na tampa com furo e que já se encontra colada no CD. Se faz necessário verificar se não está vazando ar pelas laterais da tampa, pois isso pode influenciar no movimento do experimento, dificultando a observação do movimento sem atrito.

FIGURA 05 – Execução do experimento com a bexiga cheia



Fonte: Acervo do autor. (2022)

RESULTADO ESPERADO

O resultado esperado é que com a bexiga vazia o experimento não sai do lugar, mas quando a bexiga está cheia, o ar que sai de dentro dela irá fazer uma força vertical para cima, diminuindo o atrito entre o experimento e a superfície e o mesmo começará a se mover.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se começa a estudar em Dinâmica os conceitos de Força é importante que o estudante consiga compreender e identificar todas ou pelo menos a maioria das forças em nosso cotidiano. E o experimento apresentado é de baixíssimo custo, fácil de ser realizado e pode contribuir muito para o conhecimento dos estudantes das forças de atrito.

REFERENCIAL

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Ed. 10, v. 1, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga. **Abordagem experimental da força de atrito em aulas de Física do Ensino Médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 1121-1136, 2012.

CAPÍTULO 04 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “CASCATA DE FUMAÇA”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM APARATOS DE BAIXO CUSTO: Constatando diferentes densidades em fluidos.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca;
wanderson.fonseca@sou.unifal-mg.edu.br

RESUMO:

Este experimento tem como objetivo demonstrar a relação entre a densidade da fumaça e o ar que se encontra dentro do recipiente. O aparato experimental utilizado foi uma garrara PET e canudo feito com folha de papel. Com este experimento é possível verificar que a fumaça quando se encontra com uma temperatura próxima a do ar, tende a descer por ter uma densidade maior. Na maioria dos eventos observados na sociedade a fumaça tende a subir, isso porque ela é produzida pela queima de alguma substância o que deixa o ar ao seu entorno com maior temperatura e conseqüentemente menos denso. Este experimento possibilita uma discussão relacionada ao senso comum e a realidade mostrada pela Ciência. O experimento foi realizado com 35 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola estadual do Município de Sete Lagoas/MG. Esta prática experimental teve uma primeira parte demonstrativa onde os estudantes observaram a sua realização. Em um segundo momento os estudantes foram divididos em dez grupos de cinco membros onde cada grupo reproduziu esta prática experimental. Durante a intervenção pedagógica os estudantes perceberam que do lado de fora do aparato experimento, onde o fogo aquece o ar ao seu entorno, a fumaça sobe e dentro da garrafa onde o ar não está aquecido, a fumaça desce.

Palavras-chave: Ensino de Física; Fumaça; Temperatura; Experimento, Aparato Experimental.

INTRODUÇÃO

Este experimento foi utilizado para demonstrar o conceito de forma fenomenológica de densidade, utilizando um aparato experimental conhecido por produzir uma “cascata de fumaça”.

De acordo com Delizoicov e Angotti (2002): “Na aprendizagem de Ciências Naturais, as atividades experimentais devem ser garantidas de maneira a evitar que a relação teoria-prática seja transformada numa dicotomia.”.

Acredita-se que desta forma, o estudante, ao compreender os fenômenos envolvidos no experimento entendam que a componente curricular Física vai além de cálculos complicados e informações que para eles são vistos como inúteis ou desnecessárias e desperte neles o interesse em se aprofundar mais no conhecimento da Ciência.

Ao contrário do senso comum, a fumaça não é um gás e sim matéria sólida. Os conceitos de propriedades de materiais é estudando tanto em Física como em Química, mas há uma importante diferença entre a forma com que são trabalhados:

“[...] As propriedades químicas descrevem uma transformação química, tal como a interação de uma substância com outra, ou a transformação de uma substância em outra. As propriedades físicas não envolvem qualquer mudança na composição ou identidade da substância, isto é, são propriedades que podem ser observadas e medidas sem modificação de sua composição. As propriedades físicas podem ser classificadas como extensivas ou intensivas.” (CÉSAR, DE PAOLI, DE ANDRADE, 2004)

Desta forma, o comportamento da fumaça no experimento proposto está na diferença da proximidade entre suas moléculas que é causada pela diferença de temperatura entre elas. Assim, quanto maior a temperatura, maior a agitação das moléculas e quanto menor a temperatura, menor a agitação, o que faz com que a densidade dos corpos seja diferente.

A fumaça, por ser o resultado da queima de alguma material, tem uma temperatura maior do que o ar em sua volta e por isso uma densidade menor, o que faz com que ela suba na atmosfera, dando a errada impressão de ser um gás. Para desmistificar este pensamento, o aparato experimental criado deixa o ar confinado em seu interior enquanto a fumaça tem uma queda de temperatura ao passar pelo canudo de papel fazendo com que tenha um valor menor do que a temperatura do ar. Assim é possível observar o que realmente acontece quando ar e fumaça estão em contato. Ou seja, que a fumaça desce para o fundo do recipiente.

METODOLOGIA PROPOSTA

Materiais utilizados:

- Uma garrafa PET de 2 litros
- Um alicate encapado e um prego de aproximadamente 10mm
- Uma folha de papel
- Um isqueiro
- Fogão

O alicate o fogão e o prego são para fazer o furo na garrafa. Portanto podem ser substituídos por algum material cortante, como uma tesoura ou um estilete. Mas para todo este processo, independente do material, sugere-se muita atenção e cuidado para não causar danos como queimadura ou cortes.

FIGURA 3 - Materiais utilizados na preparação do experimento



Fonte: Acervo do autor. (2021)

CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO:

Com uso do alicate, segure o prego para poder esquentá-lo no fogão. Com o prego quente, faça um furo na parte superior da garrafa conforme a FIGURA 04.

FIGURA 04 – Furo na parte superior da garrafa



Fonte: Acervo do autor. (2021)

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO:

Enrole uma folha A4 na diagonal de forma que caiba no furo feito na garrafa. Coloque papel enrolado no furo e coloque fogo na outra extremidade, conforme FIGURA 05.

FIGURA 05 – Realização do experimento



Fonte: Acervo do autor. (2021)

RESULTADO ESPERADO

Agora que colocou fogo na extremidade do papel e peça a seus estudantes para observarem o fenômeno acontecendo. Será possível ver a fumaça descendo igual uma cascata, como mostra a FIGURA 06.

FIGURA 06 – Resultado do experimento



Fonte: Acervo do autor. (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se percebe ao realizar o experimento é que a fumaça, ao passar por dentro do canudo sofre uma queda de temperatura, ficando mais densa que o ar que se encontra dentro da garrafa. E como resultado a fumaça desce para o fundo da garrafa formando uma fuligem. A garrafa serve para que se tenha um sistema isolado o máximo possível para que tudo ocorra de acordo com o esperado. Um exemplo é o que acontece em uma situação de queimada, onde a fumaça inicialmente sobe, mas ao formar nuvens e esfriar, retorna a terra em formato de chuva.

REFERENCIAL

CÉSAR, Janaína; DE PAOLI, Marco-Aurélio; DE ANDRADE, João Carlos. **A determinação da densidade de sólidos e líquidos**. Revista Chemkeys, n. 7, p. 1-8, 2004.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

CAPÍTULO 05 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVES DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM APARATOS DE BAIXO CUSTO:

Verificando a relação entre a pressão hidrostática e a profundidade em um fluido.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca;
wanderson.fonseca@sou.unifal-mg.edu.br

RESUMO

Uma das áreas da Física que costuma ser abordada de forma superficial, em particular no primeiro ou segundo anos do Ensino Médio é a Hidrostática. Este Roteiro Experimental visa apresentar aos estudantes fenômenos relacionados a Hidrostática demonstrando sua importância e buscando despertando neles o interesse pelo estudo da Ciência. O experimento foi realizado com um grupo com 35 estudante do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública estadual do município de Sete Lagoas/MG. O experimento proposto para esta intervenção pedagógica é realizado com um aparato experimental de baixo custo é fácil construção. Para construção deste aparato foram utilizados uma garrafa PET, um prego e dois pedaços de fita vedante. O experimento consiste basicamente em realizar furos na garrafa na horizontal e na vertical, encher a garrafa de água e observar como se dá a vazão conforme a profundidade vai diminuindo, ou seja, perceber o comportamento da água em uma garrafa PET com furos com alturas diferentes na vertical e alturas iguais na horizontal. Este experimento possibilita ao estudante perceber que a pressão é maior quanto maior for a profundidade.

Palavras-Chave: Ensino, Física, Hidrostática, Pressão Hidrostática, Aparato Experimental.

INTRODUÇÃO

A Hidrostática é uma área importante da Física que está presente em nosso cotidiano que estuda os líquidos em repouso. Para esta intervenção pedagógica, utilizaremos o conceito do Teorema de Stevin. Este postulado apresenta a relação de variação entre os volumes dos líquidos e da pressão hidrostática e é enunciado da seguinte forma:

A diferença de pressão entre dois pontos do mesmo líquido é igual ao produto da massa específica (também chamada de densidade) pelo módulo da aceleração da gravidade local e pela diferença de profundidade entre os pontos considerados. (DE SOUZA NÓBREGA, 2018)

Segundo Stevin, a pressão total no interior de um fluido é dada pela soma das pressões hidrostática e atmosférica. Isso faz com que a vazão do fluido seja maior ou menor dependendo de sua profundidade, que irá influenciar diretamente na pressão.

METODOLOGIA

Material Utilizado:

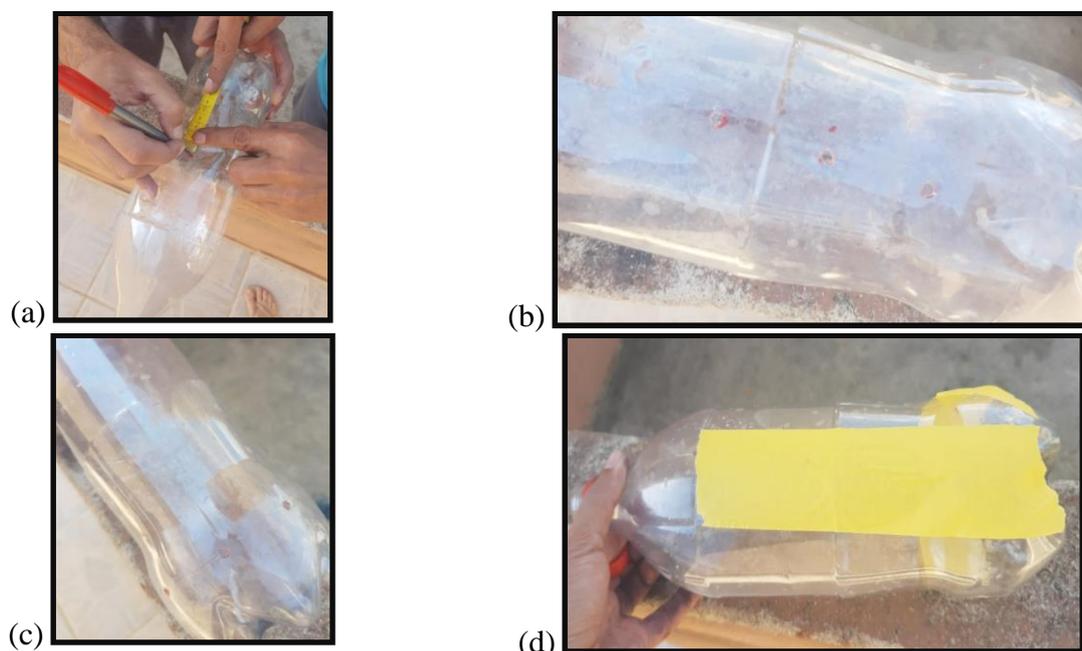
- Uma garrafa Pet de 2 litros.
- Água
- Arame quente (ou outro instrumento para furar a garrafa)
- Corante (opcional)

CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO:

Utilizando uma garrafa PET de dois litros, uma fita métrica ou régua e um pincel atômico, faça as medições e marcações dos locais onde irão ser feito os furos. Faça três marcações na horizontal e três marcações na vertical. É importante que as marcações na horizontal tenham a mesma altura e que as marcações da vertical tenham a mesma distância.

Com o uso de um prego e um isqueiro, faça os furos nos locais onde foram feitas as marcações e em seguida tampe todos os furos para que a garrafa possa ser preenchida com água.

FIGURA 04 – Montagem do experimento.



Fonte: Acervo do autor. (20210)

Legenda: (a) Marcação dos pontos que serão furados,

(b) a garrafa com três furos horizontais,

(c) a garrafa com três furos verticais,

(d) os furos tampados com uma fita para a água não saia pelos furos enquanto a garrafa é cheia.

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Tampe os buracos feitos na garrafa com uma fita e encha a garrafa de água.

Encha a garrafa de água e tire as fitas.

Questione aos seus estudantes o que eles estão observando

RESULTADO ESPERADO

Espera-se com o experimento demonstrar o comportamento da água à medida que seu volume diminui no interior da garrafa. Este experimento pode ser utilizado tanto para estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental como para estudantes do primeiro ano do Ensino Médio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento permitiu perceber que quando o líquido no interior do recipiente contendo os furos é liberado, a vazão é maior nos furos que se encontram mais abaixo da coluna de água acima deles e que conforme este volume vai baixando, a vazão também diminui. Com isso foi possível notar o quão interessante e importante é o estudo da Hidrostática para a compreensão dos conceitos da pressão atmosférica, da pressão hidrostática e suas relações com a profundidade, além de permitir aos estudantes relacionar o que foi estudado com situações cotidianas, como por exemplo o motivo da vazão de água ao abrirem uma torneira em suas casas.

REFERÊNCIA

DE SOUZA NÓBREGA, Ana Laura et al. **Relatório-Engenhocas Pacman hidráulico**. 2018.

CAPÍTULO 06 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “MANGUEIRA DE NÍVEL”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE RÁTICAS EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO:

Comparando níveis através de conceitos de pressão hidrostática e vasos comunicantes.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca
Wanderson.fonseca@sou.unifal.mg.gov.br

RESUMO

O experimento apresentado neste Roteiro Experimental tem como objetivo contribuir para a compreensão dos estudantes do Ensino Fundamental em relação ao comportamento de um fluido colocado no interior de um vaso comunicante. Chamamos de vasos comunicantes quaisquer recipientes geralmente compostos por dois orifícios e normalmente formato de U. Neste experimento foi trabalhado a relação entre pressão e o nível da água na mangueira. Para esta demonstração, utilizamos um aparato experimental, conhecido como “Mangueira de Nível” constituído por uma mangueira e água. O referido aparato faz parte do cotidiano dos estudantes por ser utilizado durante a construção civil. Os estudantes comparam o nível de vários pontos do prédio escolar observando apenas a posição da água nas duas extremidades da mangueira. A execução deste Roteiro Experimental contribuiu para que os estudantes percebessem a importância do estudo da Física, tendo em vista que esta ciência guarda com relação situações do cotidiano. Durante a execução desta intervenção pedagógica o professor-pesquisador observou que houve um interesse muito grande por parte dos discentes. Esta Roteiro Experimental foi aplicado em uma turma de 35 estudantes do Ensino Fundamental de uma escola estadual do município de Sete Lagoas/MG.

Palavras-chave: Hidrostática, Ensino Fundamental, Experimento.

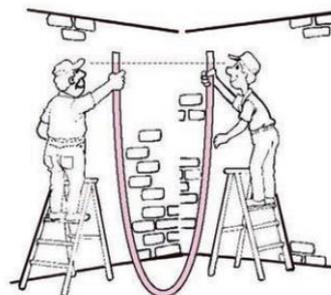
INTRODUÇÃO

A Hidrostática é importante para a compreensão de situações cotidianas e portanto deve ser abordada de forma mais frequente com os estudantes. Neste Roteiro Experimental, será trabalhado o conceito de vasos comunicantes. De acordo com Silva, Santos e Burkarter:

Se compararmos diferentes recipientes que contenham o mesmo líquido, as diferenças de pressão serão devidas às diferenças de altura nas colunas de líquido. Este fato pode ser ilustrado pelo comportamento dos chamados vasos comunicantes. (2011, p.77)

Inúmeras são as situações envolvendo os, desde uma construção para o nivelamento de um alicerce onde os níveis de água são iguais quando as pontas da mangueira estão na mesma altura.

FIGURA 01 – Exemplo da utilização de uma mangueira (vaso comunicante) em uma obra,



Fonte: Silva, Santos e Burkarter. (p.78, 2011)

Outro bom exemplo são as caixas d'água, que devem ser posicionadas em locais mais altos, o que propicia uma boa pressão nas torneiras, chuveiros, etc. Quanto mais baixa a caixa d'água menor a pressão, ao ponto que, se a mesma for colocada na mesma altura que uma torneira, não haveria pressão para vazão de água.

Os vasos comunicantes estão mais presentes do que muitos imaginam, como por exemplo, os macacos hidráulicos ou elevadores hidráulicos, nas prensas hidráulicas, vasos sanitários, sistema de freios, etc.

METODOLOGIA

Material Utilizado

- 01 mangueira de nível de 2 metros
- Água
- Corante Artificial

FIGURA 05 – Material utilizado



Fonte: Acervo do autor. (2022)

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Com a ajuda dos estudantes é possível medir a altura de algum lugar em relação a outro com desnível, pode misturar dois tipos de fluidos e discutir os resultados, pode colocar a mangueira em formatos diferentes e ver o que acontece com o fluido dentro delas.

RESULTADO ESPERADO

Espera-se que este experimento possibilite a compreensão do funcionamento de um vaso comunicante e que os estudantes possam identificar sua utilização em seu cotidiano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este simples experimento, o professor de Ciências pode explorar diversos conceitos de hidrostática e como isso é vivenciado no cotidiano.

REFERÊNCIA

SILVA, Adriano Willian da; SANTOS, Ângela Maria dos; BURKARTER, Ezequiel. **Física I**. 2016.

CAPÍTULO 07 – ROTEIRO EXPERIMENTAL “PÊNULO DE FOUCAULT”

O ENSINO DE FÍSICA PARA O NÍVEL FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE RÁTICAS EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO:

Apresentando o movimento de rotação terrestre através de uma plataforma girante.

Wanderson Militão Gualberto da Fonseca
Wanderson.fonseca@sou.unifal.mg.gov.br

RESUMO

O Pêndulo de Foucault é um experimento que demonstra qual o efeito sofrido por um pêndulo simples em relação a rotação da Terra. A primeira pessoa a questionar e estudar esta relação foi o físico Frances Jean Bernard Léon Foucault, que para entender e demonstrar o movimento de rotação da Terra construiu no ano de 1851 um pêndulo simples com um cabo de aço com um comprimento de 67 metros de altura com uma esfera de 30kg na cúpula central do Panteão, localizado na cidade de Paris, na França. O pêndulo oscila lentamente, permitindo visualizar a rotação da Terra. Neste Roteiro Experimental propomos um experimento utilizamos uma plataforma girante para simular a rotação da Terra. Para fazer uma analogia a rotação da Terra, foi elaborado um aparato experimental que consiste em uma base em forma de pirâmide formada por 9 vigas de ferro de 60 centímetros fixada em uma plataforma girante. Sobre esta plataforma foi fixado, no encontro de três vigas que se unem no ponto mais alto, um pêndulo simples. O pêndulo foi feito com linha de pesca e uma bola de bilhar. Ao colocar o pêndulo para oscilar e simultaneamente girar a plataforma, os estudantes puderam perceber que o pêndulo não acompanhava o movimento circular da plataforma. Oscilando sempre em um mesmo plano. O experimento despertou muita curiosidade dos estudantes sobre a situação, fazendo com que os mesmos demonstrassem grande interesse na compreensão do fenômeno.

Palavras-Chave: Foucault, Força de Coriolis, ensino, interdisciplinaridade.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de demonstrar o movimento de Rotação da Terra o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault elaborou em 1851 um experimento simples e eficaz, conhecido até os dias atuais como Pêndulo de Foucault. Para isso ele utilizou de 67 metros de corda. Fixou uma extremidade no teto do Panteon de Paris, e na outra prendeu uma esfera de ferro de 30 kg e imprimiu-lhe um movimento pendular e as forças envolvidas, como a força de Coriolis que segundo explicação de Lage é a força menos conhecida:

Menos conhecida é a força de Coriolis que experimentamos se nos movermos no interior de um corpo em rotação, como num autocarro que curva ou num carrossel da feira. A Terra, porque roda, não é um sistema inercial e, portanto, as forças inerciais desempenham um papel importante, explicando o desvio predominante de ventos num sentido, no hemisfério norte, e no sentido contrário, no hemisfério sul; na rotação do plano de oscilação de um pêndulo (Foucault); no funcionamento de giro compassos mecânicos, etc. (2018)

FIGURA 01 – Pêndulo de Foucault em Paris



Fonte: Lage (2018, p.1)

O Pêndulo de Foucault, que utilizaremos foi feito com um peso preso a uma linha por sua vez, foi amarrada a uma plataforma girante. Desta forma poderemos observar o momento angular, que é uma grandeza Física que mensura a quantidade de movimento de corpos em movimentos circulares. Tais movimentos nos possibilita estudar o movimento de Rotação do nosso planeta.

Aprendemos cedo que nosso planeta está em movimento em torno do seu próprio eixo e que este movimento tem uma duração de aproximadamente 24. O que explica facilmente o motivo de existir o dia e noite. Mas por inércia, não sentimos este movimento.

É graças a este movimento que foi possível criar o sistema de fusos horários, que nos permitiu padronizar horário mundial.

Halliday, Resnick e Walker (Ed.10, p.163, 2016) dizem que o estudo em duas ou três dimensões não é algo de fácil compreensão, segundo ele:

Não é fácil compreender os movimentos em três dimensões. Por exemplo: o leitor provavelmente é capaz de dirigir um carro em uma rodovia (movimento em uma dimensão), mas teria muita dificuldade para pousar um avião (movimento em três dimensões).

Para que possamos saber a localização de uma partícula em determinado espaço, devemos especificar, de uma forma genérica onde ela se encontra por meio de seu vetor posição \vec{r} , que será um vetor que liga o seu ponto de REFERÊNCIA até sua localização.

Se uma partícula se move, seu vetor posição irá variar de uma forma que sempre ligará o ponto de origem ao da partícula no momento observado.

Conhecer e saber utilizar os vetores neste tipo de movimento se faz, uma vez que o movimento, seja qual for, é composto por um ou mais vetores para descrição de sua trajetória.

METODOLOGIA

Material Utilizado:

- 06 vigas de aço de 60 cm
- 01 rolamento (neste experimento foi utilizado um automotivo)
- 40 cm de linha de anzol
- 03 arruelas
- 01 parafuso
- 01 bola de bilhar
- 01 Furadeira
- 01 Chave Philips (ou de fenda)
- 01 Furadeira

CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO:

Com a ajuda de um profissional, as vigas foram soldadas para formarem uma pirâmide com todas as arestas iguais.

Após a solda, um furo foi feito na parte superior da pirâmide para que o pêndulo pudesse ser amarrado na mesma.

FIGURA 04 – Montagem da base do Pêndulo de Foucault



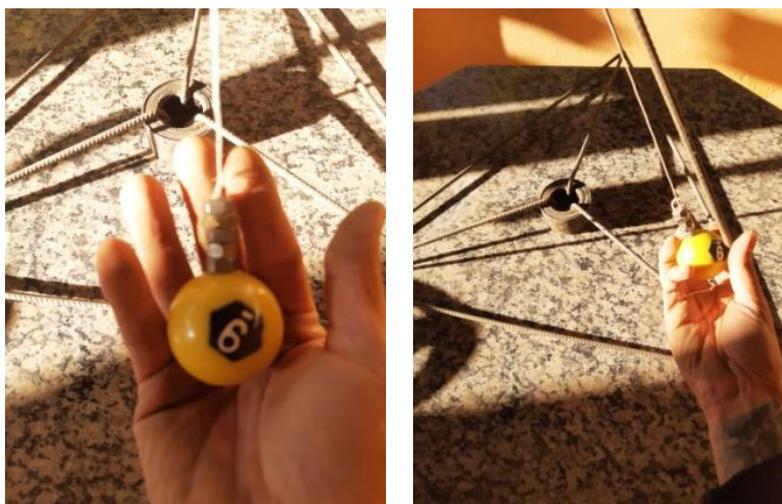
Fonte: Acervo do autor. (2021)

Com todas as peças soldadas, foi feito um furo na parte superior da pirâmide para que o fio de anzol pudesse ser preso.

Terminada a pirâmide, partimos para a bola de bilhar. Na mesma foi feito um furo da largura do prego utilizando uma furadeira

As arruelas foram colocadas no parafuso e o parafuso foi enroscado na bola de bilhar e por último, amarra-se a linha de anzol no parafuso e na pirâmide.

FIGURA 06 – Pêndulo de Foucault pronto



Fonte: Acervo do autor. (2021)

REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Com o experimento pronto, basta fazer com que o pêndulo comece a oscilar e girar lentamente a plataforma. Será possível verificar de imediato que mesmo com a linha amarrada na pirâmide, o movimento oscilatório do pêndulo não sofrerá alteração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A prática experimental prendeu muito a atenção dos estudantes, pois os mesmos acreditavam inicialmente que o pêndulo acompanharia o movimento rotacional da plataforma girante e quando observaram que não é o que acontece ficaram extremamente curiosos a atentos a tudo o que era explicado.

O aparato experimental, aqui utilizado, possui muitas aplicações para o ensino de Ciências. Em se tratando da componente curricular Física, pode-se exemplificar alguns conceitos: movimento harmônico simples, movimento circular, período, frequência, entre outros.

Apesar de ser um experimento que exija um pouco mais de gasto, feito com um material de boa qualidade, poderá ser utilizado por muito tempo, fazendo valer assim, seu custo-benefício.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Ed. 10, v. 1, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LAGE, Eduardo. **Força**. Revista de Ciência Elementar, v. 6, n. 1, 2018.

**APÊNDICE B – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “CARRINHO DE GALILEU”**

Aspectos negativos - “Carrinho de Galileu”

QUADRO 22: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento “CARRINHO DE GALILEU” em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	O experimento por si só, é bem simples e de fácil compreensão. É apenas melindroso na etapa de engatar o elástico, e acertar o alvo fazendo o gatilho ser acionado. É um experimento que é necessário equilíbrio, tudo tem de estar equilibrado corretamente.
Est. 02	Desinteresse de parte dos alunos
Est. 03	EXECUÇÃO MUITO COMPLICADA
Est. 04	FOI UMA MONTAGEM DIFÍCIL DE SER REALIZADA E UM EXPERIMENTO DIFÍCIL DE COMPREENDER
Est. 05	REPETIÇÃO DE TENTATIVAS
Est. 06	DIFICULDADE NA REALIZAÇÃO E NA MONTAGEM
Est. 07	EXECUÇÃO
Est. 08	Não tem
Est. 09	MUITO DIFÍCIL NA HORA DA MONTAGEM
Est. 10	Para a execução do experimento, por ser algo relativamente difícil, por várias tentativas
Est. 11	Não
Est. 12	Alguns problemas com a montagem
Est. 13	Não teve.
Est. 14	DIFICULDADE NA EXECUÇÃO E COMPLICAÇÃO NOS DADOS
Est. 15	DADOS PARA OS CALCULOS REQUER INÚMERAS TENTATIVAS
Est. 16	DIFICULDADE ALTA NA EXECUÇÃO
Est. 17	Alguns não estão interessados
Est. 18	Teve alguns erros/falhas nas tentativas, durante a realização do experimento, mas nada que prejudicou a realização completa do experimento.
Est. 19	A FLEXIBILIDADE DOS DADOS E EXECUÇÃO
Est. 20	Pouco material
Est. 21	Muitos erros por ser iniciantes fazendo o experimento, mais o aspecto negativo principal foi a falta de espaço para ter uma melhor visualização do experimento
Est. 22	DIFÍCIL EXECUÇÃO
Est. 23	DIFÍCIL EXECUÇÃO
Est. 24	Antes havia um problema ao acionar a alavanca fazendo com que ele fosse para o lado, depois foi consertado
Est. 25	N pude ver pois alunos atrapalharam
Est. 26	A MÁ MONTAGEM DO EXPERIMENTO, MUITOS BRINCANDO, ELÁSTICO MAL AMARRADO, ETC
Est. 27	MUITO COMPLICADO PARA MONTAR E FAZER A BOLA SUBIR
Est. 28	ACERTO DA BOLINHA DENTRO DO RECIPIENTE (DIFÍCIL ACERTO) E A COLETA DOS DADOS
Est. 29	Não tem
Est. 30	OS MATERIAIS UTILIZADOS E A EXECUÇÃO DOS MOVIMENTO DO CARRINHO
Est. 31	A falta de participação de alguns alunos
Est. 32	MUITO COMPLICADO FAZER A BOLINHA SUBIR
Est. 33	NÃO TEVE
Est. 34	Não possui aspectos negativos
Est. 35	Não

Fonte: O autor (2022)

Aspectos positivos - “Carrinho de Galileu”

QUADRO 23 - Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento “CARRINHO DE GAILEU” em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	A grosso modo, é um experimento bastante didático e ajuda na melhor compreensão sobre o que é na prática a referência inercial.
Est. 02	Ajudou muito na compreensão do tema
Est. 03	EXECUÇÃO FOI DIVERTIDA
Est. 04	CONTRIBUIU PARA O ESTUDIO DA INÉRCIA
Est. 05	SIMPLICIDADES DOS OBJETOS E FORÇA DE VONTADE
Est. 06	MATERIAIS DE FÁCIL ACESSO
Est. 07	O CARRINHO
Est. 08	Experimento incrível
Est. 09	ESTUDO DA INÉRCIA E COMPREENSÃO DO MOVIMENTO
Est. 10	Para o melhor entendimento do Referencial inercial
Est. 11	Não
Est. 12	.
Est. 13	Após a realização do experimento ficou mais fácil entender sobre Referencial inercial
Est. 14	MATERIAIS, AJUDOU A ENTENDER UM POUCO MELHOR A MATÉRIA
Est. 15	CONPREENÇÃO DINÂMICA SOBRE INÉRCIA E COLETIVIDADE DOS ALUNOS (ALGUNS)
Est. 16	NÃO HÁ
Est. 17	Ajudou muito a entender
Est. 18	O experimento me fez compreender sobre Referencial inercial na prática e também vi o quão interessante e legal é um experimento, principalmente esse.
Est. 19	SIMPLICIDADE DOS OBJETOS
Est. 20	Dá pra entender perfeitamente o que foi ensinado
Est. 21	Um aspecto positivo bom foi que o experimento é bem simples de se compreender com o intuito da Referencial inercial
Est. 22	NENHUM
Est. 23	ALCANÇAMOS O OBJETIVO
Est. 24	Melhor entendimento do assunto
Est. 25	É bacana
Est. 26	AJUDA A ENTENDER INÉRCIA
Est. 27	QUANDO DEU CERTO TODOS SORRIRAM
Est. 28	A EXPERIÊNCIA É MUITO DINÂMICA E INTERESSANTE
Est. 29	Não tem
Est. 30	A SIMPLICIDADE DOS OBJETOS
Est. 31	Na sala de aula nós podemos fazer as anotações no quadro e na sala de não temos interferência por exemplo: o vento e o terreno, entre outras coisas
Est. 32	TODOS CURTIRAM O EXPERIMENTO
Est. 33	TEVE MUITO TRABALHO EM EQUIPE
Est. 34	A montagem é execução foi fácil, foi uma maneira divertida de aprender sobre Referencial inercial
Est. 35	Não

Fonte: O autor (2022)

Sugestões - “Carrinho de Galileu”

QUADRO 24: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento “CARRINHO DE GALILEU” em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Cooperação e apoio dos alunos.
Est. 02	Não precisa
Est. 03	PENSAR EM UM JEITO DA BOLINHA SUBIR MAIS
Est. 04	FACILITA-LO
Est. 05	DADOS MAIS PRECISOS
Est. 06	NENHUMA
Est. 07	NENHUMA
Est. 08	Mais material
Est. 09	MELHORAR A POSIÇÃO DO GATILHO
Est. 10	Na minha opinião foi um ótimo trabalho, só apontamos dificuldades na execução para a esfera cair no mesmo ponto inicial
Est. 11	Não
Est. 12	.
Est. 13	A colaboração de certos alunos ajudaria muito.
Est. 14	NÃO TENHO NENHUMA SUGESTÃO
Est. 15	DADOS MAIS PRECISOS
Est. 16	MELHORES MATERIAIS
Est. 17	Não tem
Est. 18	No meu ver, o que deveria melhorar em relação ao experimento na sala de aula, é somente a contribuição/atenção dos alunos e a empatia para que todos possam acompanhar a realização experimento, e não só alguns.
Est. 19	DADOS MAIS PRECISOS
Est. 20	Mais material
Est. 21	Mais espaço e uma organização melhor
Est. 22	NENHUM
Est. 23	NÃO SEI
Est. 24	Maior organização dos alunos
Est. 25	Melhorar execuções e instruções
Est. 26	MELHORES OBJETO PARA EXPERIÊNCIA
Est. 27	O QUE PODIA MELHORAR MAIS É PEGAR MAIS VELOCIDADE
Est. 28	MAIS PARTICIPAÇÃO DOS ALUNOS
Est. 29	Não tem
Est. 30	CONSEGUIR DADOS MAIS PRECISOS
Est. 31	Ter mais participação da turma
Est. 32	PODIA IR MAIS ALTO A BOLINHA
Est. 33	DADOS MAIS PRECISOS
Est. 34	Não precisa de melhoras
Est. 35	Não

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE C – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “ROBOZINHO COM MOTOR
DESBALANCEADO ”**

Aspectos negativos - “Robozinho com motor desbalanceado”

QUADRO 25: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Não achei dificuldades
Est. 02	Não
Est. 03	SEM PONTOS NEGATIVOS
Est. 04	NÃO HOUVE
Est. 05	NÃO TEVE
Est. 06	NÃO TEVE
Est. 07	Mais organização por parte dos alunos
Est. 08	Sala bagunçada
Est. 09	NÃO TEM
Est. 10	Na minha opinião, eu achei a execução do processo um pouco complicada
Est. 11	Nenhum
Est. 12	NENHUM
Est. 13	Nenhum
Est. 14	Não teve nenhum aspecto negativo
Est. 15	Pouco material
Est. 16	NÃO HÁ
Est. 17	Podia ter mais material
Est. 18	Na realização desse experimento, antes de concluir a realização do mesmo, houve algumas falhas.
Est. 19	A EXECUÇÃO O ROBÔ
Est. 20	NÃO TEVE
Est. 21	É um experimento que demanda tempo pra ser compreendido e preciso mais espaço e organização pra melhor compreensão, e na sala de aula não teve muita
Est. 22	NÃO TEVE
Est. 23	DIFÍCIL EXECUÇÃO E MONTAGEM
Est. 24	-
Est. 25	Muitos alunos não ajudaram, e estavam desconcentrando quem queria fazer
Est. 27	PESSOAL NÃO SAIU DA FRENTE
Est. 28	A EXECUÇÃO DO ROBO E A DIFICULDDDE PARA VER, POIS OS ALUNOS NÃO SAIAM DA FRENTE
Est. 29	NENHUM
Est. 30	A EXECUÇÃO DOS DADOS DO EXPERIMENTO
Est. 31	Alguns materiais
Est. 32	ALGUNS ALUNOS TOMARAM A FRENTE E NÃO DEIXARAM O RESTO PARTICIPAR DIREITO
Est. 33	NÃO TEVE
Est. 34	NÃO TEM
Est. 35	ELE NÃO ANDAVA RETO

Fonte: O autor (2022)

Aspectos positivos - “Robozinho com motor desbalanceado”

QUADRO 26: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Deveria ser ensinado antes, pois é muito importante
Est. 02	Não
Est. 03	FACIL EXECUÇÃO E ROBOZINHO MUITO FOFO
Est. 04	FOI UM EXPERIMENTO FÁCIL DE MONTAR E REALIZAR
Est. 05	TRABALHO EM EQUIPE
Est. 06	EXPERIMENTO SIMPLES
Est. 07	Fácil
Est. 08	Apreendi e fiquei surpreso
Est. 09	DESPERTA O INTERESSE NA ROBÔTICA
Est. 10	Na minha opinião, possuí níveis de conhecimento para entender o movimento uniforme, uma ótima representação para tal informação
Est. 11	Muito gostoso de fazer e muito fácil de entender
Est. 12	FÁCIL MONTAGEM
Est. 13	Ajudou a compreender muito o conceito
Est. 14	Foi um experimento que ajudou a entender sobre a matéria, e foi bem divertido fazer o robozinho
Est. 15	Interessante demais
Est. 16	APRENDI ALGO PRA FAZER NO TÉDIO
Est. 17	Laila Loiola Alcântara
Est. 18	Foi muito interessante, pude notar que com coisas simples, podemos fazer um experimento extraordinário e também foi gratificante ver que o experimento estava tomando forma, da maneira como queríamos.
Est. 19	A COMPREENSÃO DE TODOS
Est. 20	EQUILÍBRIO
Est. 21	Um experimento tanto quanto fácil de ser feito e pode ser muito beneficente para seu entendimento da matéria do movimento uniforme
Est. 22	AJUDOU NA COMPREENSÃO DO CONCEITO
Est. 23	NÃO SEI
Est. 24	-
Est. 25	É um experimento interessante e divertido
Est. 27	ELE FUNCIONOU COMO PENSAVAMOS
Est. 28	O ROBO FUNCIONOU DE BOA MANEIRA
Est. 29	AJUDOU-ME A COMPREENDER MAIS SOBRE O ASSUNTO
Est. 30	A COMPREENSÃO DE TODOS
Est. 31	O experimento me ajudou a compreender mais sobre movimento uniforme e foi muito legal utilizar aparelho que envolve eletricidade.
Est. 32	O ROBO ANDA SO COM O PESO
Est. 33	TRABALHO EM EQUIPE
Est. 34	COMPREENSÃO DO MOVIMENTO
Est. 35	FACILIDADE COM OS MATERIAIS

Fonte: O autor (2022)

Sugestões - “Robozinho com motor desbalanceado”

QUADRO 27: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "ROBOZINHO COM MOTOR DESBALANCEADO" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Diminuir os grupos
Est. 02	Não
Est. 03	NÃO TENHO SUGESTÕES
Est. 04	NENHUMA
Est. 05	NENHUMA
Est. 06	NENHUMA
Est. 07	Não
Est. 08	Na minha opinião já foi legal, o que não colaborou muito foi a sala
Est. 09	NENHUMA
Est. 10	Não vi nenhum ponto negativo que precise de melhoras, apenas a execução.
Est. 11	Pra mim tá tudo bem
Est. 12	NADA
Est. 13	Não
Est. 14	Não tenho nenhuma sugestão
Est. 15	Não
Est. 16	NENHUM
Est. 17	Não
Est. 18	Trabalho mais em equipe, porque somente algumas pessoas participaram.
Est. 19	SEM SUGESTÕES
Est. 20	AUMENTAR O TAMANHO
Est. 21	Melhor organização para entendimento mais fácil
Est. 22	NENHUMA
Est. 23	NENHUMA
Est. 24	-
Est. 25	Fazer com que todos colaborem
Est. 27	ANDAR MAIS E PARA FRENTE
Est. 28	OS ALUNOS SAIREM DA RENTE PARA QUE OS OUTROS POSSAM PARTICIPAR
Est. 29	NÃO SEI
Est. 30	NÃO TENHO SUGESTÕES
Est. 31	Deveríamos ter mais tempo para realizar o experimento, mais a culpa não é do professor e sim da falta de colaboração da turma em determinados momentos
Est. 32	ALGUNS ALUNOS NÃO DEIXARAM OS OUTROS PARTICIPAREM
Est. 33	NENHUMA
Est. 34	NENHUMA
Est. 35	NÃO

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE D – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “ATRITO ZERO ”**

Aspectos Negativos – “Atrito Zero”

QUADRO 28: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "ATRITO ZERO " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	TAVA VAZANDO AR E A GENTE NÃO TAVA ACHANDO O LUGAR
Est. 02	NENHUM
Est. 03	SÓ A DIFICULDADE DE ENCAIXAR O BALÃO
Est. 04	FOI DIFÍCIL ENCAIXAR O BALÃO NA BASE
Est. 05	O BALÃO ESVAZIAVA QUANDO IA ENCAIXAR, ATÉ O PROFESSOR DEMONSTRAR
Est. 06	O ASSUNTO É COMPLICADO
Est. 07	NÃO TEVE
Est. 08	NÃO
Est. 09	SÓ NÃO ENTENDI PQ ELE SAI IGUAL DOIDO
Est. 10	TINHA QUE TER UMA BOMBA PRA ENCHER O BALÃO
Est. 11	NÃO ACHAVA ONDE TAVA VAZANDO
Est. 12	NENHUM PONTO NEGATIVO
Est. 13	FALTA DE EDUCAÇÃO DE ALGUNS COLEGAS, NÃO FOI CULPA SUA, PROFESSOR
Est. 14	NENHUM
Est. 15	NÃO TEM
Est. 16	BAGUNÇA DE ALGUNS SEM EDUCAÇÃO
Est. 17	PODIA MONTAR MAIS PRA QUEM QUER MESMO APRENDER NÃO SAIR PREJUDICADO
Est. 18	O CHÃO NÃO AJUDA
Est. 19	TINHA QUE SER EM UM LUGAR ABERTO
Est. 20	O POVO APANHOU PRA ACHAR ONDE TAVA VAZANDO
Est. 21	NÃO TEVE
Est. 22	MUITO DIFÍCIL DE ENTENDER E FIQUEI FOI CONFUNDIDO
Est. 23	ACHO QUE PODERIA TER MAIS MATERIAL
Est. 24	NÃO ACHEI NENHUM
Est. 25	NÃO VI
Est. 26	SÓ UM POUCO DE BAGUNÇA
Est. 27	O CHÃO TAVA MUITO IRREGULAR
Est. 28	ALGUMAS PESSOAS SE EMPOLGARAM MUITO E ATRABALHOU
Est. 29	A MONTAGEM DEMORA, PORQUE A COLA DEMORA PRA SECAR
Est. 30	NENHUMA
Est. 31	DIFICULDADE EM ENCAIXAR O BALÃO NO DVD
Est. 32	NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 33	NÃO
Est. 34	NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 35	NENHUMA

Fonte: O autor (2022)

Aspectos Positivos – “Atrito Zero”

QUADRO 29: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "ATRITO ZERO" em sala de aula.

Estudantes	Respostas
Est. 01	O MOVIMENTO QUANDO SOLTA O EXPERIMENTO MOSTRA EXATAMENTE A FALTA DE ATRITO
Est. 02	MUITO SIMPLES
Est. 03	DEU PRA ENTENDER A DIFERENÇA DE ATRITOS
Est. 04	FICA CLARO A DIFERENÇA ENTRE TER E NÃO ATRITO
Est. 05	MUITO BACANA O MOVIMENTO
Est. 06	O EXPERIMENTO É MEGA LEGAL
Est. 07	DEU PARA PERCEBER A DIFERENÇA ENTRE OS ATRITOS
Est. 08	O MOVIMENTO QUANDO O BALÃO LEVANTA O DISCO
Est. 09	CONSEGUI RELACIONAR COM SABÃO NO CHÃO OU NA CHUVA
Est. 10	COMPREENDI UM POUCO
Est. 11	DEPOIS DE TAMPAR BEM, FOI FÁCIL ENTENDER
Est. 12	DEI PRA ENTENDER
Est. 13	FOI ÓTIMO, APESAR DE TUDO
Est. 14	FACIL DE FAZER, MATERIAL FACIL DE ACHAR
Est. 15	DÁ PRA APRENDER FÍSICA BRINCANDO
Est. 16	SÓ NÃO ENTENDEU QUEM NÃO QUIS
Est. 17	MATERIAIS QUE A GENTE JOGA FORA DA PRA FAZER CIÊNCIA
Est. 18	MUITO BACANA AS DEMONSTRAÇÕES
Est. 19	DEI PRA ENTENDER
Est. 20	MUITO DA HORA
Est. 21	FOI FACIL DE FAZER E ENTENDER
Est. 22	É FACIL DE FAZER
Est. 23	EXPERIMENTO CUMPRE O ESPERADO
Est. 24	UMA FORMA TÃO SIMPLES DE ENTENDER. APOSTO QUE A MATEMÁTICA VAI JUDIAR DA GENTE
Est. 25	DEU PRA TODOS ENTENDEREM E BRINCAREM
Est. 26	A EMPOLGAÇÃO DA TURMA EM TER AULAS DIFERENTES. EU AMEI
Est. 27	EU ENTENDI TUDO
Est. 28	O EXPERIMENTO É MUITO BOM E FÁCIL DE FAZER
Est. 29	ENTENDI O QUE O SENHOR QUIS MOSTRAR
Est. 30	O ASSUNTO É MEIO COMPLICADO
Est. 31	DEU PRA TODOS ENTENDEREM A DIFERENÇA ENTRE TER OU NÃO ATRITO
Est. 32	ACHO QUE TODOS ENTENDERAM
Est. 33	MUITO BOM PRA ENTENDER
Est. 34	FOI BEM SIMPLES E FÁCIL DE ENTENDER
Est. 35	A PARTICIPAÇÃO E EMPOLGAÇÃO DE TODOS

Fonte: O autor (2022)

QUADRO 30: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "ATRITO ZERO " em sala de aula.

Estudantes	Respostas
Est. 01	NÃO
Est. 02	NADA
Est. 03	NÃO
Est. 04	NÃO
Est. 05	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 06	NÃO TENHO
Est. 07	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 08	PARABÉNS PROFESSOR
Est. 09	NENHUMA
Est. 10	MAIS MATERIAL
Est. 11	NÃO TENHO
Est. 12	NÃO TENHO
Est. 13	NÃO
Est. 14	N
Est. 15	FOI LEGAL
Est. 16	TIRAR OS BAGUNCEIROS DA SALA
Est. 17	TIRAR QUEM NÃO QUER APRENDER
Est. 18	NÃO
Est. 19	ACHEI O ESPAÇO PEQUENO
Est. 20	PODIA SER UMA CAMISINHA, POR QUE CABE MAIS AR
Est. 21	NADA
Est. 22	ACHO QUE ANO QUE VEM TEREI MUITAS PERGUNTAS
Est. 23	MAIS EXPERIMENTOS
Est. 24	NENHUMA
Est. 25	USAR UM DISCO MAIOR PRA GENTE PODER COMPARAR
Est. 26	NENHUMA
Est. 27	NÃO TENHO SUGESTÃO
Est. 28	NENHUMA
Est. 29	NENHUMA
Est. 30	NENHUMA
Est. 31	NÃO
Est. 32	NENHUMA
Est. 33	NÃO TENHO
Est. 34	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 35	PODIA TER UM BALÃO MAIOR E UM DISCO MAIS PESADO

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE E – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “CASCATA DE FUMAÇA”**

Aspectos Negativos – “Cascata de Fumaça”

QUADRO 31: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "CASCATA DE FUMAÇA " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	O único aspecto negativo que tenho em vista, é o odor causado pela fumaça. Mas é necessário para a execução do experimento.
Est. 02	NÃO TEVE PONTOS NEGATIVOS
Est. 03	PODE SER UM POUCO PERIGOSO DE SER REALIZADO
Est. 04	NÃO TEVE
Est. 05	Não encontrei nenhum
Est. 06	NÃO TEVE
Est. 07	Foi um pouco bagunçado, mas foi por conta da sala e não do experimento
Est. 08	NÃO POSUI
Est. 09	Em minha visão, não houve nenhum ponto negativo.
Est. 10	NÃO HOUE
Est. 11	NÃO HOUE
Est. 12	Nenhum
Est. 13	NÃO HOUE
Est. 14	NÃO TEVE
Est. 15	NÃO HÁ
Est. 16	NÃO TEVE
Est. 17	Não consegui visualizar tão bem, pelo fato de ficarem muitas pessoas ao redor atrapalhando totalmente a visibilidade da execução do experimento.
Est. 18	POLUIÇÃO DO AMBIENTE COM A FUMAÇA
Est. 19	NÃO ESTAVA PRESENTE
Est. 20	Na minha opinião um dos aspectos negativos do experimento cascata de fumaça na SALA DE AULA, foi que tinha muita gente e dificultou pra visualizar melhor o experimento e outro foi que teve muito barulho e eu não entendi muito bem o princípio do experimento
Est. 21	NÃO TEVE
Est. 22	NÃO TEVE
Est. 23	Nenhum
Est. 24	Alguns alunos inalaram a fumaça
Est. 25	DIFÍCIL ACENDER O FOGO E A CHUVA CAINDO NO DIA
Est. 26	ACHO QUE DEVERIA SAIR MAIS FUMAÇA
Est. 27	PODERIA TER SIDO EM UM RECIPIENTE MAIOR PARA FICAR MAIS DINÂMICO
Est. 28	NÃO TEVE
Est. 29	ACHO QUE DEVERIA TER AIDO MAIS FUMAÇA NO EXPERIMENTO
Est. 30	No meu ponto de vista não houve pontos negativos
Est. 31	DEVIA SAIR MAIS FUMAÇA
Est. 32	Não tem aspectos negativos.
Est. 33	O experimento não possui aspectos negativos
Est. 34	Não possui aspectos negativos
Est. 35	Não vi pontos negativos

Fonte: O autor (2022)

Aspectos Positivos – “Cascata de Fumaça”

QUADRO 32: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "CASCATA DE FUMAÇA " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Os aspectos positivos são a melhor compreensão sobre o estudo da densidade de maneira simples, sendo de fundamental importância para a aprendizagem dos alunos.
Est. 02	BEM INTERESSANTE DE SE VER E AJUDOU MUITO A COMPREENDER A DENSIDADE
Est. 03	AJUDOU PARA O CONHECIMENTO SOBRE DENSIDADE E É SIMPLES DE SE COMPREENDER
Est. 04	APRENDIZADO E DESPERTOU MINHA CURIOSIDADE
Est. 05	Me ajudou a compreender sobre densidade
Est. 06	NÃO LEMBRO
Est. 07	Foi muito interessante
Est. 08	AJUDA NA COMPREENÇÃO DO CONCEITO DE DENSIDADE E DESPERTA INTERESSE NOS ALUNOS USANDO POUCOS MATERIAIS
Est. 09	A cascata de fumaça contribuiu para melhorar o entendimento da densidade do ar, e explicações de como funciona a diferença entre o ar quente e o ar frio
Est. 10	MELHOR ENTENDIMENTO D EDENSIDADE AR FRIO E AR QUENTE
Est. 11	SIMPLICIDADE DO EXPERIMENTO
Est. 12	Materiais de fácil acesso e fácil de fazer
Est. 13	CONTRIBUI PARA UM CERTO ENTENDIMENTO SOBRE A DENSIDADE
Est. 14	FOI UM EXPERIMENTO QUE AJUDOU MUITO A COMPREENDER A MATÉRIA, ALÉM DISSO FOI DIVERTIDO
Est. 15	APRENDI ALGO QUE NÃO SABIA
Est. 16	CONTRIBUIU PARA O MEU CONHECIMENTO
Est. 17	Foi um ótimo experimento (pelo que consegui ter visibilidade), totalmente cativante de tão interessante e de extrema importância para mim, pois assim pude compreender melhor a densidade.
Est. 18	COMPREENDI MELHOR SOBRE DENSIDADE
Est. 19	NÃO ESTAVA PRESENTE
Est. 20	Me ajudou muito no entendimento sobre densidade e foi fácil de ser feito, simples e compreensível
Est. 21	NÃO TEVE
Est. 22	APRENDI MAIS SOBRE DENSIDADE
Est. 23	Melhor entendimento do assunto
Est. 24	Foi bacana o experimento
Est. 25	NÃO SEI
Est. 26	EXPERIÊNCIA MUITO BOA
Est. 27	EXPERIÊNCIA MUITO BOA E INTERESSANTE
Est. 28	PRESENCEI A DENSIDADE
Est. 29	UM PONTO POSITIVO FOI QUE O EXPERIMENTO É FÁCIL DE REALIZAR E PODE APRENDER BEM SOBRE DENSIDADE
Est. 30	Bom com o experimento "cascata de Fumaça" me ajudou a compreender mais sobre a densidade
Est. 31	EXPERIÊNCIA MUITO BOA
Est. 32	Apreendi mais sobre densidade e entendi como ela funciona
Est. 33	Ajuda na compreensão sobre Densidade
Est. 34	Foi uma maneira simples de ensinar sobre densidade
Est. 35	Aula prática sempre será melhor de ser entendida

Fonte: O autor (2022)

Sugestões – “Cascata de Fumaça”

QUADRO 33: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "CASCATA DE FUMAÇA " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	A sugestão que tenho é de que poderia ser realizado em um recipiente maior, tendo em mente a melhor visualização do experimento.
Est. 02	DESCOBRIR ALGUMA FORMA DE SAIR MAIS FUMAÇA
Est. 03	UTILIZAR OBJETOS MAIORES
Est. 04	UTILIZAÇÃO DE FUMAÇA SEM ODOR
Est. 05	Foi ótimo, não acho que precise melhorar algo
Est. 06	MAIS FUMAÇA E LUMINOSIDADE INTERNA
Est. 07	Acho que a sala poderia ajudar mais, fazendo silêncio e prestando atenção e ajudando
Est. 08	USAR OBJETOS MAIORES
Est. 09	Achei um ótimo trabalho para os materiais utilizados.
Est. 10	NÃO TEM
Est. 11	UTILIAÇÃO DE FUMAÇA SEM ODOR
Est. 12	,
Est. 13	UTILIZAÇÃO DE FUMAÇA AROMATIZADA
Est. 14	NÃO TENHO NENHUMA SUGESTÃO
Est. 15	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 16	NÃO SEI
Est. 17	Em relação à esse experimento, em meu ver, não tem nada em que precise ser melhorado.
Est. 18	NENHUMA
Est. 19	NÃO ESTAVA PRESENTE
Est. 20	Formar um círculo na sala de aula, e o professor que aplicar o experimento ficar no meio do círculo, assim facilitaria ao ver o experimento
Est. 21	MELHORAR O CHEIRO DA FUMAÇA
Est. 22	NENHUMA
Est. 23	Não tem o que falar, foi bem fácil. Não tem o que melhorar
Est. 24	Ter cuidado com os alunos
Est. 25	NÃO PRECISA DE MELHORAR
Est. 26	LED NA FUMAÇA
Est. 27	FAZER EM UM RECIPIENTE MAIOR, COMO POR EXEMPLO UM GALÃO DE 20 LITROS
Est. 28	UTILIZAAR OBJETOS MAIORES, PARA QUE A DEMONSTRAÇÃO SEJA MAIOR
Est. 29	NÃO TENHO SUGESTÕES
Est. 30	Falta a turma fazer mais perguntas sobre o assunto e o experimento
Est. 31	LED NA FUMAÇA
Est. 32	Não tem o que melhorar no experimento.
Est. 33	O experimento não precisa de melhorias
Est. 34	Não precisa de melhorias
Est. 35	Uma maior garrafa

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE F – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “PRESSÃO E PROFUNDIDADE”**

Aspectos Negativos – “Pressão e Profundidade”

QUADRO 34: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "PRESSÃO E PROFUNDIDADE " em sala de aula	
Estudantes	RESPOSTA
Est. 01	Pode ser difícil cobrir os furos com a fita, mas como experimento se baseia em tentativa e erro, não vejo como um aspecto negativo.
Est. 02	DIFICULDADE EM TAMPAR OS FUROS
Est. 03	NÃO TEVE
Est. 04	NÃO TEVE
Est. 05	NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 06	Não teve
Est. 07	NÃO TEVE
Est. 08	Sala bagunçada
Est. 09	NÃO TEM
Est. 10	Um aspecto negativo foi a realização do experimento, que apresentamos uma certa dificuldade
Est. 11	Utilização do Material
Est. 12	NÃO TEVE NADA NEGATIVO
Est. 13	NÃO FOI REALIZADO NA SALA DE AULA E NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 14	Não teve nenhum
Est. 15	NENHUM PONTO NEGATIVO
Est. 16	SAI COM MAIS DÚVIDAS
Est. 17	NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 18	.
Est. 19	SEM PONTO NEGATIVO
Est. 20	NÃO
Est. 21	Não tem
Est. 22	NÃO TEVE
Est. 23	Na hora de colocar a fita para tampar os buracos
Est. 24	Não conseguimos de primeira
Est. 25	MINHA FALTA DE ATENÇÃO
Est. 26	Os cortes foram feitos errado
Est. 27	MOLHOU MUITO A QUADRA
Est. 28	EXPERIMENTO MUITO SIMPLES
Est. 29	NÃO TEVE
Est. 30	NÃO TEVE
Est. 31	Nenhum
Est. 32	Não teve
Est. 33	Não possui aspectos negativos
Est. 34	NÃO TEVE
Est. 35	TER CUIDADO PARA NÃO ESCORREGAR NA ÁGUA

Fonte: O autor (2022)

Aspectos Positivos – “Pressão e Profundidade”

QUADRO 35: Aponte aspectos positivos relacionados a realização " Pressão e Profundidade" em sala de aula.	
Estudante	Respostas
Est. 01	O experimento proporciona melhor compreensão didática sobre a pressão e profundidade, onde mostra que a pressão atmosférica influencia em toda vazão de água.
Est. 02	DEU PRA ENTENDER A DIFERENÇA DAS PRESSÕES
Est. 03	A AULA FICOU MAIS DIVERTIDA
Est. 04	A AULA É BEM INTERESSANTE E VAI AJUDAR MUITO A GENTE NO ENSINO MÉDIO
Est. 05	MATERIAL FACIL DE CONSEGUIR, PARTICIPAÇÃO DA TURMA E O TODOS TENTANDO EXPLICAR O QUE ESTAVA ACONTECENDO
Est. 06	Materiais de fácil acesso, ajuda na compreensão da matéria de pressão e profundidade
Est. 07	ACHO QUE FOI O MAIS GOSTOSO DE FAZER
Est. 08	Foi bem interesse
Est. 09	AJUDOU MUITO, MAS DIZEM QUE FÍSICA É SÓ CONTA
Est. 10	Um ótimo entendimento da pressão do ar, e uma demonstração incrível de como funciona, além de ser bem interessante
Est. 11	Contribuição para o aprendizado
Est. 12	APRENDER BRINCANDO
Est. 13	ENTENDI ATE SOBRE BIOLOGIA NESTA AULA.
Est. 14	Foi um experimento legal e que ajudou a compreender melhor a matéria
Est. 15	DEU PRA ENTENDER
Est. 16	ME DEIXOU QUERENDO ESTUDAR MAIS
Est. 17	O MATERIAL É FÁCIL DE CONSEGUIR E O EXPERIMENTO É FÁCIL DE FAZER E ENTENDER
Est. 18	.
Est. 19	AJUDOU A ENTENDER BEM O ASSUNTO
Est. 20	ORGANIZAÇÃO DO PROFESSOR
Est. 21	Aprendi mais sobre a matéria e tive uma compressão melhor sobre pressão
Est. 22	UM ASSUNTO NOVO COM UMA EXPERIÊNCIA SIMPLES
Est. 23	Não sei
Est. 24	União da turma em prol da execução do trabalho
Est. 25	A MAIORIA DA GENTE TAVA PARTICIPANDO
Est. 26	Me tirou da sala de aula para testar algo
Est. 27	DEU PARA VER A DIFERENÇA DA AGUA SAINDO DA GARRADA QUANDO ELA IA ABAIXANDO
Est. 28	AULA DIFERENTE
Est. 29	SIMPLICIDADE DO EXPERIMENTO E A QUANTIDADE DE INFORMAÇÕES AO MESMO TEMPO
Est. 30	EXPERIÊNCIA QUE DÁ PRA FAZER EM CASA
Est. 31	Mais controle do professor sobre a turma e a menor interferência de pessoas que não são da turma.
Est. 32	Contribuiu com meu aprendizado
Est. 33	Ajuda a entender como a pressão funciona
Est. 34	SINCERAMENTE, NÃO PRESTEI ATENÇÃO
Est. 35	DEU PRA ENTENDER, MAS DESPERTOU MUITAS DÚVIDAS

Fonte: O autor (2022)

Sugestões – “Pressão e Profundidade”

QUADRO 36: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "PRESSÃO E PROFUNDIDADE " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Acredito que realizá-lo em um recipiente maior teria um impacto maior sobre os alunos, sendo assim, o experimento poderia ser feito em um recipiente maior.
Est. 02	NÃO TENHO
Est. 03	NÃO TENHO
Est. 04	NÃO TENHO
Est. 05	NENHUMA
Est. 06	Não tenho
Est. 07	TÁ ÓTIMO
Est. 08	A sala poderia colaborar
Est. 09	NÃO TEM NADA PRA MELHORAR
Est. 10	Não há nenhuma sugestão
Est. 11	Utilizar uma garrafa mais firme
Est. 12	NENHUMA SUGESTÃO
Est. 13	NENHUMA
Est. 14	Não tenho nenhuma sugestão
Est. 15	PODIA USAR UM RECIPIENTE MAIOR
Est. 16	MAIS EXPLICAÇÃO
Est. 17	PODIAMOS TER FEITOS VARIOS AO MESMO TEMPO
Est. 18	.
Est. 19	PODIA SEPARAR A SALA EM GRUPOS
Est. 20	NÃO TENHO
Est. 21	Organização
Est. 22	MAIS EXPLICAÇÃO
Est. 23	Nenhuma
Est. 24	Não tenho
Est. 25	NENHUMA CONTRIBUIÇÃO
Est. 26	Preparar e testar antes
Est. 27	NÃO TENHO
Est. 28	UM EXPERIMENTO MAIS COMPLICADO
Est. 29	NÃO TENHO
Est. 30	PODIA USAR UMA GARRAFA MAIOR
Est. 31	Nenhuma pois os experimentos estão sendo bem objetivos e a turma está colaborando.
Est. 32	Não tem
Est. 33	Não precisa de melhorias
Est. 34	NÃO TENHO
Est. 35	NÃO TENHO

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE G – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “MANGUEIRA DE NÍVEL”**

Aspectos Negativos – “Mangueira de nível”

QUADRO 37: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "MANGUEIRA DE NÍVEL " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	NÃO TEVE
Est. 03	NÃO VI
Est. 04	NÃO CONSEGUI ACOMPANHAR O RACIOCÍNIO
Est. 05	NÃO TEM
Est. 06	A MANGUEIRA PODIA SER MAIOR
Est. 08	NENHUM
Est. 09	NÃO TEVE
Est. 10	DIFÍCIL ACHAR O EQUILÍBRIO
Est. 11	PODIA UM CORANTE MAIS ESCURO
Est. 12	AINDA NÃO ENTENDI O QUE O AR TEM A VER COM A AGUA NA MANGUEIRA
Est. 13	NÃO TEM
Est. 15	PODIA TER MAIS MANGUEIRAS
Est. 16	NÃO TEVE NENHUM
Est. 17	NÃO TEVE NADA DE NEGATIVO
Est. 18	A DIFICULDADE EM CONSEGUIR COLOCAR O AR PRESO NO CENTRO
Est. 19	NÃO ENTENDI DIREITO
Est. 20	APESAR DA SIMPLICIDADE, TEM MUITO COISA PRA ENTENDER
Est. 21	MUITA BAGUNÇA PARA COLOCAR A AGUA NA MANGUEIRA
Est. 22	NÃO TEVE
Est. 23	NÃO CONSEGUI ENTENDER NADA
Est. 24	NÃO OBSERVEI NADA NEGATIVO
Est. 25	NÃO
Est. 26	FOI TRANQUILO
Est. 27	É MUITO CONCEITO. ACHEI QUE ERA MAIS SIMPLES
Est. 29	NÃO ACHEI NADA DE NEGATIVO
Est. 30	NÃO TEVE
Est. 32	NÃO
Est. 33	NENHUM
Est. 34	NENHUMA OBSERVAÇÃO NEGATIVA
Est. 35	MUITO CONCEITO

Fonte: O autor (2022)

Aspectos Positivos – “Mangueira de nível”

QUADRO 38: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "MANGUEIRA DE NÍVEL " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	MUITO BOM, PROFESSOR
Est. 03	MUITO SIMPLES
Est. 04	O EXPERIMENTO É BEM SIMPLES
Est. 05	ENTENDI POR QUE OS PEDREIROS USAM ISSO
Est. 06	DEU PRA ENTENDER A RELAÇÃO ENTRE A PRESSÃO DA AGUA E A DO AR
Est. 08	AGORA VOU FALAR COM MEU PAI QUE ENTENDI POR QUE ELE USA
Est. 09	EXPERIMENTO SIMPLES QUE EXPLICA UMA CURIOSIDADE QUE SEMPRE TIVE QUANDO VEJO UM PEDREIRO USANDO
Est. 10	ENTENDI UM POUCO O FUNCIONAMENTO
Est. 11	SIMPLES DE REALIZAR E ENGRAÇADO
Est. 12	SUPER FÁCIL DE REALIZAR
Est. 13	FIQUEI IMPRESSIONADA COM A SIMPLICIDADE DA REALIZAÇÃO E DA FORMA COM QUE ENTENDI
Est. 15	DEU PRA ENTENDER
Est. 16	JÁ TRABALHO COM ISSO E JÁ SABIA O FUNCIONAMENTO
Est. 17	ESTOU ATÉ AGORA IMPRESSIONADA COMO OS PEDREIROS SABEM DISSO, SENDO QUE MUITOS LARGARAM A ESCOLA
Est. 18	ENTENDER QUE O AR, MESMO NÃO PARECENDO, OCUPA UM ESPAÇO DENTRO DA MANGUEIRA
Est. 19	FÁCIL DE FAZER E BARATO
Est. 20	VOU ME LEMBRAR QUANDO ESTA MATÉRIA CHEGAR
Est. 21	NO FINAL DE TUDO CERTO
Est. 22	COMO PODEMOS APRENDER MUITA COISA QUE A GENTE JÁ VÊ E NÃO SABE COMO FUNCIONA
Est. 23	FOI FÁCIL DE FAZER
Est. 24	A REALIZAÇÃO DE AULA FORA DA SALA DE AULA É MUITO BOM
Est. 25	FOI IGUAL MEU TIO ME FALOU E ISSO É MUITO LEGAL
Est. 26	AJUDOU A ENTENDER UM POUCO MAIS SOBRE PRESSÃO
Est. 27	ME MOSTROU QUE PRECISO ESTUDAR MAIS
Est. 29	ME RESPONDEU MUITAS PERGUNTAS
Est. 30	AGORA ENTENDI
Est. 32	ME DEIXOU SUPER CURIOSO SOBRE MERGULHO
Est. 33	EXPERIMENTO SIMPLES E MUITO DINÂMICO
Est. 34	DIVERTIDO E BOM PRA ENTENDER
Est. 35	MUITO LEGAL DE FAZER

Fonte: O autor (2022)

Sugestões – “Mangueira de nível”

QUADRO 39 - Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "MANGUEIRA DE NÍVEL" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	NADA A ACRESCENTAR
Est. 03	NÃO
Est. 04	NADA
Est. 05	NENHUMA
Est. 06	MANGUEIRA MAIOR
Est. 08	NENHUM
Est. 09	NENHUMA SUGESTÃO
Est. 10	NENHUMA
Est. 11	ACHO QUE FICARIA LEGAL COM UMA COR FLUORESCENTE
Est. 12	NÃO TEM, SO ACHO QUE PRECISO ESTUDAR SOBRE ISSO
Est. 13	NÃO TEM
Est. 15	ACHO QUE SE TIVESSE MAIS MANGUEIRAS A GENTE PODIA FAZER MAIS COISAS
Est. 16	NÃO TEM
Est. 17	SO TEVE PONTO POSITIVO
Est. 18	NÃO
Est. 19	NÃO
Est. 20	NÃO
Est. 21	NÃO
Est. 22	ACHEI QUE PODIA TER UMA MANGUEIRA DE UNS 5 METROS
Est. 23	NÃO TEM COMO FAZER NA SALA DE AULA
Est. 24	NÃO CONSIGO
Est. 25	MANGUEIRA MAIOR
Est. 26	NÃO TENHO NENHUMA SUGESTÃO
Est. 27	FOI TUDO MUITO LEGAL
Est. 29	NENHUMA
Est. 30	NÃO TENHO
Est. 32	NÃO
Est. 33	TÁ ÓTIMO
Est. 34	NÃO TENHO
Est. 35	NÃO

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE B – QUADROS REFERENTES AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
RELACIONADAS AO EXPERIMENTO “PÊNULO DE FOCAULT”**

Aspectos Negativos – “Pêndulo de Foucault”

QUADRO 40: Aponte aspectos negativos relacionados a realização do experimento "PÊNULO DE FOCAULT" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	O experimento já foi montando. Deveria ter um jeito da gente montar na sala
Est. 02	Achei incrível
Est. 03	A bagunça dos meninos quando viram funcionando
Est. 04	Não teve
Est. 05	Não dá pra fazer igual em casa
Est. 06	NENHUM
Est. 07	NÃO
Est. 10	NÃO TEVE, TODOS SE COMPORTARAM
Est. 11	NENHUM
Est. 12	..
Est. 13	NÃO TENHO
Est. 14	NÃO TEVE PONTO NEGATIVO
Est. 15	NÃO
Est. 16	NÃO TER SIDO MONTADO TUDO NA SALA
Est. 17	NÃO
Est. 18	NÃO
Est. 19	NÃO OBSERVEI
Est. 20	MUITA TEORIA COMPLICADA
Est. 21	.
Est. 22	O DISCO ESTAVA AGARRANDO UM POUCO
Est. 23	SER APENAS UMA BASE
Est. 24	NÃO TEM
Est. 28	NÃO
Est. 29	NÃO TEVE
Est. 30	NÃO HOUVE
Est. 31	NÃO TEVE
Est. 32	NÃO TEVE
Est. 33	NÃO TEVE
Est. 34	Não possui pontos negativos
Est. 35	PODIA TER UM JEITO DE MONTAR NA SALA A BASE

Fonte: O autor (2022)

Aspectos Positivos – “Pêndulo de Foucault”

QUADRO 41: Aponte aspectos positivos relacionados a realização do experimento "PÊNDULO DE FOUCAULT " em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	O experimento é incrível. Dá um nó na nossa cabeça
Est. 02	Acho que poderiam ter mais
Est. 03	Dá pra ver claramente o que é um Referencial não inercial
Est. 04	Ver o que acontece e como isso funciona com nosso planeta é muito bom e vai ajudar muito nos nossos estudos
Est. 05	Ele demonstrou aquilo que o professor falou
Est. 06	NUNCA VI A TURMA TÃO CONCENTRADA E FELIZ
Est. 07	PARTICIPAÇÃO E INTERESSE A TURMA
Est. 10	TRAZER UMA FORMA NOVA DE MOSTRAR OS FENOMENOS A NOSSA VOLTA
Est. 11	INTERAÇÃO DA TURMA
Est. 12	Fácil entendimento e divertido de se fazer mesmo sendo complicado
Est. 13	A ANIMAÇÃO DE TODOS COM O TEMA
Est. 14	A FORMA COMO PRENDEU A NOSSA ATENÇÃO. QUEREMOS MAIS AULAS ASSIM
Est. 15	DEU PARA ENTENDER MUITA COISA
Est. 16	O TEMA É INCRIVEL
Est. 17	PARTICIPAÇÃO
Est. 18	FOI O QUE MAIS PRENDEU A GENTE. MUITO BOM
Est. 19	FOI O ÚNICO ONDE TODOS REALMENTE SE INTERESSARAM.
Est. 20	DESPERTO A CURIOSIDADE DE TODA A NOSSA TURMA
Est. 21	.
Est. 22	O MELHOR EXPERIMENTO COM TODA CERTEZA. PRENDEU A ATENÇÃO DE TODOS
Est. 23	TODOS CURIOSOS
Est. 24	QUANDO COMEÇOU A RODAR, NINGUEM ACREDITAVA NO QUE TAVA ACONTECENDO
Est. 28	NÃO
Est. 29	FOI UMA AULA SUPER INTERESSANTE
Est. 30	FOI TUDO MUITO BEM
Est. 31	O MELHOR EXPERIMENTO
Est. 32	TUDO MUITO BEM ORGANIZADO E TODOS MUITO CURIOSOS
Est. 33	FECHOU COM CHAVE DE OURO
Est. 34	Ele nos ajuda a entender facilmente a rotação do planeta Terra erra
Est. 35	É O MELHOR DOS EXPERIMENTOS QUE FIZEMOS

Fonte: O autor (2022)

Sugestões – “Pêndulo de Foucault”

QUADRO 42: Aponte sugestões para melhorar a realização do experimento "PÊNDULO DE FOUCAULT" em sala de aula.	
Estudantes	Respostas
Est. 01	Montagem na sala de aula
Est. 02	Não tem um jeito mais simples e barato de fazer?
Est. 03	Ter mais de um
Est. 04	Não tem
Est. 05	Um jeito de a gente montar
Est. 06	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 07	NENHUMA
Est. 10	PODIAMOS MISTURAR A MATEMÁTICA COM A FÍSICA, JÁ QUE A BASE É UM TRIANGULO
Est. 11	NÃO
Est. 12	.
Est. 13	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 14	NÃO TENHO SUGESTÃO
Est. 15	NÃO SERIA POSSÍVEL MONTAR O EXPERIMENTO COMO FIZEMOS COM OS OUTROS?
Est. 16	SEM
Est. 17	NÃO
Est. 18	FOI INCRÍVEL
Est. 19	AOS POUCOS PODE IR COLOCANDO A MATEMÁTICA NO MAIO, QUE EU SEI QUE DEVE TER DEMAIS DA CONTA
Est. 20	NÃO TENHO NENHUMA
Est. 21	.
Est. 22	NÃO
Est. 23	NÃO PRECISA
Est. 24	NÃO TENHO
Est. 28	NÃO
Est. 29	MONTAR MINIATURAS EM GRUPOS
Est. 30	NENHUMA
Est. 31	MAIS BASES PARA QUE A GENTE POSSA SER SEPARADO EM GRUPOS
Est. 32	NÃO TEVE
Est. 33	QUERIA MONTAR COMO FIZEMOS COM OS OUTROS
Est. 34	Colocar óleo no rolamento
Est. 35	MONTAR NA SALA DE AULA

Fonte: O autor (2022)