



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

ELISAINÉ INÊS TONATTO MASSOLINE

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS DE FÍSICA NA PRIMEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO  
ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA**

Florianópolis/SC

2019

ELISAINÉ INÊS TONATTO MASSOLINE

**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS DE FÍSICA NA PRIMEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO  
ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Catarina, no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Juliano Liebgott

Florianópolis/SC

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Massoline, Elisaine Inês Tonatto  
Sequências Didáticas de Física na Primeira Série do  
Ensino Médio Através da Investigação Científica / Elisaine  
Inês Tonatto Massoline ; orientador, Paulo Juliano  
Liebgott, 2019.  
189 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,  
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Conhecimento Científico. 3.  
Aprendizagem Significativa. I. Liebgott, Paulo Juliano.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós  
Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Elisaine Inês Tonatto Massoline

**Sequências Didáticas de Física na Primeira Série do Ensino Médio Através da  
Investigação Científica**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca  
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Pawel Klimas  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi  
julgado adequada para a obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

---

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. Paulo Juliano Liebgott  
Orientador

Florianópolis (SC), 09 de agosto de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, pois sem eles nada disso seria possível, pela dedicação e incentivo. Ao meu marido e meus filhos, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio incondicional sem o qual não seria possível este trabalho.

Agradeço aos professores do programa MNPEF da UFSC de Florianópolis pela dedicação em ensinar e pelo entusiasmo em trabalhar com esse curso que é uma oportunidade que professores tem em continuar seus estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Juliano Liebgott pelo incentivo constante, pela paciência e por acreditar neste trabalho.

Aos amigos e familiares pelo incentivo, em especial a minha amiga Nilce Cremonini pelo apoio em realizar este mestrado.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela realização do curso mais adequado as necessidades do professor de Física.

## RESUMO

O Ensino de Física apresentado no meio educacional vem necessitando de aprimoramento, em busca de formar cidadãos críticos em relação ao conhecimento científico. Na presente pesquisa buscamos relatar e analisar como atividades formuladas a partir de um conhecimento histórico, experimental, com questionamentos sobre o tema estudado, podem influenciar a eficácia de sequências didáticas, no Ensino de Física. As estratégias de ensino para melhor compreender como ocorre a aprendizagem foram ancoradas na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, consideramos também as interações realizadas entre professor e estudantes e entre os estudantes, ocorridas durante as atividades realizadas. Nosso objetivo foi propor um material didático organizado através de sequências didáticas, onde dispõe-se de textos sobre como se deu o desenvolvimento histórico do conhecimento que se apresenta, roteiros para a realização de experimentos seguidos de questionamentos aos estudantes proporcionando um conhecimento científico mais abrangente. Utilizamos para análise dos resultados obtidos o material produzido pelos estudantes como respostas aos questionamentos sobre os experimentos realizados, construção de mapas conceituais, jornal mural entre outros. Através de diversas atividades alternativas desenvolvidas, os estudantes puderam tornar-se protagonistas no processo de aprendizagem de modo significativo, facilitando o entendimento do Ensino de Física.

**Palavras – chave:** Ensino de Física, Conhecimento Científico, Aprendizagem Significativa.

## **ABSTRACT**

The teaching of physics presented in the educational environment is in need of improvement, in search of forming citizens critical of scientific knowledge. In the present research we seek to report and to analyze how activities formulated from a historical and experimental knowledge, with questions about the studied subject, can influence the effectiveness of didactic sequences in teaching Physics. In this work, the teaching strategies used to understand how learning occurs were anchored in David Ausubel's Meaningful Learning Theory. We also considered the interactions between teacher and students and between students, which occurred during the activities carried out. Our goal was to propose a didactic material organized through didactic sequences, where texts are available on how the historical development of the presented knowledge was given, itineraries for conducting experiments followed by questioning the students, providing a more comprehensive scientific knowledge. We used the material produced by the students for the analysis and compilation of the results obtained. These materials are answers to the questions about the achieved experiments, construction of conceptual maps, mural newspaper among others. Though several alternative activities developed, students were able to become protagonists in the learning process in a meaningful way, facilitating the understanding of Physics Teaching.

**Keywords:** Physics Teaching, Scientific Knowledge, Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esfera rolando em um plano inclinado e descrição do método de integração .....	16
Figura 2: Interpretação geométrica da velocidade média.....	17
Figura 3: Gráficos de posição, velocidade e aceleração .....	18
Figura 4: Distensão de uma mola.....	21
Figura 5: Força - peso .....	22
Figura 6: Montagem do experimento realizado por Gasparo Berti .....	24
Figura 7: Barômetro de Torricelli .....	25
Figura 8: Dedução da Lei de Stevin .....	28
Figura 9: Representação do Plano Inclinado.....	49
Figura 10: Estudantes realizando as medidas com o cronômetro e o plano inclinado .....	57
Figura 11: Estudantes desenvolvendo o roteiro .....	57
Figura 12: Grupos desenvolvendo o experimento com o Dinamômetro.....	78
Figura 13: Estudantes realizando o experimento “O ar tem peso?” .....	93
Figura 14: Experimento bomba hidráulica .....	96
Figura 15: Estudantes construindo os jornais.....	103
Figura 16: Jornal mural produzido pelo G1 .....	104
Figura 17: Jornal mural produzido pelo G3 .....	104
Figura 18: Jornal mural produzido pelo G5 .....	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: quadro explicativo da apresentação dos encontros das sequências didáticas .....	42
Quadro 2: Questões entregues para os estudantes .....	43
Quadro 3: Registro de respostas dadas pelos estudantes .....	44
Quadro 4: Questões entregues aos grupos de estudantes .....	47
Quadro 5: Respostas dadas pelos estudantes .....	47
Quadro 6: Questões entregues para estudantes.....	49
Quadro 7: Respostas dadas pelos estudantes.....	50
Quadro 8: Medidas encontradas pelos estudantes no experimento.....	53
Quadro 9: Gráficos construídos ao longo do roteiro .....	58
Quadro 10: Cálculo da velocidade realizado pelos estudantes .....	59
Quadro 11: Tabela com valores obtidos no experimento .....	60
Quadro 12: Resultados encontrados .....	60
Quadro 13: Resultados encontrados pelos estudantes.....	62
Quadro 14: Mapas Conceituais .....	64
Quadro 15: Questões entregues para os estudantes.....	66
Quadro 16: Respostas dadas pelos estudantes.....	67
Quadro 17: Roteiros desenvolvidos pelos estudantes .....	71
Quadro 18: Questões relacionadas à atividade experimental .....	78
Quadro 19: Respostas dos grupos as questões.....	79
Quadro 20: Atividade avaliativa Lei de Hooke .....	83
Quadro 21: Questionário de conhecimentos prévios.....	88
Quadro 22: Respostas dadas pelos estudantes.....	89
Quadro 23: Questionário referente ao vídeo “Tempo e Clima – Atmosfera e Pressão” .....	91
Quadro 24: Respostas dadas pelos estudantes.....	91
Quadro 25: Questionário referente ao experimento .....	93
Quadro 26: Respostas dadas pelos estudantes.....	94
Quadro 27: Questões do roteiro referente ao experimento .....	97
Quadro 28: Respostas dadas nos grupos .....	97
Quadro 29: Questões entregues aos estudantes .....	99
Quadro 30: Respostas dadas pelas duplas.....	99

## **LISTA DE SIGLAS**

**PCN+EM** – Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio

**TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**PCN** – Parâmetros Curriculares Nacionais

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

**PCNEM** – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

**EEB** – Escola de Educação Básica

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>13</b>
2.1 O PLANO INCLINADO .....	13
2.2 A LEI DE HOOKE .....	20
2.3 PRESSÃO ATMOSFÉRICA.....	23
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>29</b>
3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	29
3.2 O ENSINO DE FÍSICA.....	32
3.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA .....	34
3.4 O USO DE EXPERIMENTAÇÃO NAS AULAS DA FÍSICA .....	35
3.5 O USO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA EM SALA DE AULA.....	37
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>40</b>
<b>5. APLICAÇÃO DO PRODUTO, RELATO DE EXPERIÊNCIAS E RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>43</b>
5.1 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PLANO INCLINADO .....	43
5.2 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – LEI DE HOOKE.....	66
5.3 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PRESSÃO ATMOSFÉRICA.....	88
<b>6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>111</b>
<b>ANEXO A – Produto Educacional: Sequências Didáticas de Física na Primeira Série do Ensino Médio através da Investigação Científica</b> .....	<b>114</b>
<b>ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)</b> .....	<b>179</b>
<b>ANEXO C – Termo de Assentimento</b> .....	<b>184</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O contexto educacional do ensino de Física encontra-se em situação precária dada a falta de interesse e de motivação dos estudantes (RICARDO, 2010). A forma como as aulas são trabalhadas está distanciada e distorcida do seu real propósito, observa-se uma tendência em resolução de problemas com ênfase nos cálculos algébricos, muitos livros que circulam apresentam os conceitos dando a eles um caráter de Ciência acabada e imutável.

De acordo com a aprendizagem significativa de Ausubel, para uma informação fazer sentido, é preciso que ela estabeleça uma analogia com as ideias que se encontram na estrutura cognitiva, onde as ideias do sujeito estão organizadas. Nessa teoria a disposição em aprender é considerada um fator importante na aprendizagem, pois influencia a percepção do estudante em relação ao objeto de estudo, outro fator importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe, cabendo ao professor identificar isso e trabalhar com metodologias capazes de priorizar a construção de estratégias e argumentação, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico.

O ensino de Física tem se mostrado desvinculado do dia a dia do estudante baseado na transmissão de informações através de aulas expositivas, visando à preparação para os exames que dão continuidade aos estudos. Muitas vezes os professores se prendem em temas que são por muito tempo apresentados pelos livros didáticos, isso dificulta as mudanças propostas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+EM) que dizem:

“E esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (BRASIL, 2002, p.61).

Considerando o que foi colocado, observa-se que não é dada a devida importância para os problemas e frustrações dos estudantes que se deparam ao entrar no ensino médio (1ª série) com uma visão descontextualizada da Física (BARROSO, RUBINI e SILVA, 2018). Encontram-se nos PCN+EM (BRASIL, 2002) as competências relacionadas ao estudo da Mecânica que permitem, por exemplo, lidar

com os movimentos de coisas que observamos, sejam carros, objetos que caem, etc., assim a Mecânica permite lidar com aspectos práticos, concretos, macroscópicos e mais facilmente perceptíveis ao mesmo tempo em que propicia a compreensão de leis e princípios de regularidade, expressos no princípio de conservação.

Sendo assim cabe à escola, que é tida como instituição responsável na divulgação científica, uma maneira de possibilitar que o indivíduo seja um cidadão participativo das transformações sociais.

Organizar o processo de ensino – aprendizagem através de atividades de investigação científica se torna bem diferente de organizar uma aula tradicional, onde o professor é quem sabe sendo o estudante o agente passivo dessa nova informação. O professor passa a ser também um orientador dos estudantes em atividades que desenvolvam suas capacidades de assimilar, desenvolver e utilizar conhecimentos. É uma proposta que busca mostrar aos estudantes que o saber científico é fruto de um processo longo, colaborativo e intimamente ligado ao contexto histórico no qual foi produzido.

Desta forma, aproximar o estudante da construção dos conceitos físicos com o estudo histórico, elaboração experimental e desenvolvimento de relações matemáticas que os conduzem às leis físicas, desperta sua atenção e auxilia na aprendizagem significativa.

Neste sentido ao trabalhar através de uma abordagem histórica dos conteúdos estudados, está se aproximando o conhecimento científico do universo cognitivo do estudante. A História da Física representa a compreensão da Natureza e de como o Universo se desenvolveu e que está em constante construção. Ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica. Conforme Snyders (1988, p.101), a inserção da História da Física no processo de ensino-aprendizagem “é o elemento vital na passagem, na explicação pedagógica da ruptura entre a cultura primeira e a cultura elaborada”.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), o uso de experimentação deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do aluno, onde este deverá desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de garantir que ele construirá outras habilidades, tais como interagir, questionar, investigar, etc. A investigação científica traz para o estudante a oportunidade de interagir com o conteúdo proposto, porém faz-se necessário um planejamento com estratégias bem definidas para se chegar a esse objetivo. O ato de investigar requer

a observação, delimitação do problema, coleta de dados, organização e enfim que consiga propor uma solução.

Levando em consideração o que foi exposto acima, vimos a necessidade de buscar alternativas para o ensino da física, com a elaboração de sequências didáticas que despertem o interesse e a atenção aos fenômenos, mostrar que esses possuem uma construção histórica, um longo caminho onde os cientistas desenvolveram experimentos e relações matemáticas. Confrontar os estudantes a esse conhecimento, permitindo que eles próprios realizem os experimentos, se tornem parte ativa do processo de aprendizagem, poderá contribuir para que compreendam que os conceitos físicos estudados surgiram a partir de uma necessidade de compreensão da natureza.

Neste contexto, o trabalho aqui desenvolvido busca relacionar aspectos da História da Física, o uso da experimentação e investigação em sala de aula ancorado na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Assim, iremos discorrer no segundo capítulo, uma breve revisão bibliográfica sobre os temas elencados em cada sequência didática proposta. Inicialmente apresentamos um estudo sobre os movimentos tendo o experimento do Plano Inclinado como nosso principal objeto de estudo. Em seguida tratamos da Lei de Hooke, tema este pouco abordado nas escolas e livros didáticos, traremos a concepção do experimento por Robert Hooke até se obter a sua lei. Por fim, trataremos sobre o estudo da Pressão Atmosférica, desde sua concepção histórica e a ideia do “horror ao vácuo”, até o experimento realizado por Torricelli e as conclusões que este pode proporcionar.

O terceiro capítulo trata da fundamentação teórica onde a discussão dos temas abordados nos serviu como suporte. Serão apresentados os principais conceitos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, na qual este trabalho está ancorado. Iremos também refletir sobre o Ensino da Física visto como um conhecimento científico, que faz parte de uma construção humana e assim pode ser apresentado ao estudante disponibilizando maneiras de fazer este se sentir parte integrante dessa construção histórica. Abordamos a História da Ciência e o uso da experimentação em sala de aula como fatores relevantes na busca de um ensino onde o estudante seja um agente ativo no processo de construção do conhecimento.

O quarto capítulo descreve a base metodológica através da qual se orientou o desenvolvimento e aplicação desse trabalho, apresentando o tipo da pesquisa e o tipo

de dados a serem avaliados para que pudéssemos avaliar a viabilidade da aplicação das sequências didáticas.

No quinto capítulo temos a descrição da aplicação do produto educacional. Juntamente com a descrição da aplicação está a análise dos resultados, bem como algumas das principais respostas dadas pelos estudantes e imagens das atividades realizadas.

No último capítulo, expõem-se os resultados obtidos na realização do trabalho. Os resultados serviram para validar a utilidade das sequências didáticas apresentadas.

## 2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

O Intuito desse capítulo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados, que funcionaram de alicerce para embasar esse trabalho. Foi realizada uma pesquisa em literaturas de física em nível superior, bem como artigos que tratam sobre os temas abordados.

### 2.1 O PLANO INCLINADO

Iremos abordar, neste tópico, conceitos de velocidade, aceleração e movimento uniformemente acelerado, a partir do estudo do plano inclinado.

Nessa descrição da teoria do movimento iremos abranger a história das ciências e a elaboração do experimento do plano inclinado. Por isso se faz necessário um estudo mais amplo para que seja possível a elaboração da transposição didática dos conceitos para os estudantes do ensino médio.

As ideias de Aristóteles sobre o movimento dos corpos permaneceram por cerca de dois mil anos. Para Aristóteles a matéria era vista a partir dos quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo, sendo que cada um teria o seu “lugar natural”. O movimento natural dos objetos materiais era para o centro da Terra, e somente o fogo possuía algo divino desafiando essa regra. Pensadores medievais acreditavam que as estrelas, planetas e outros corpos celestes tinham um comportamento que difere dos objetos que estavam na Terra, supunham que seu movimento era uma interminável revolução circular em torno do centro da Terra. A filosofia aristotélica e o escolasticismo dominavam o pensamento humano, questões científicas foram respondidas por argumentos dialéticos.

Aristóteles se questionava sobre quais fatores determinavam a velocidade de queda de um objeto, observando o seguinte experimento: ao deixar cair dois objetos de mesmo tamanho e na forma com pesos na razão de 1 para 2, raciocinou que quanto mais pesado um corpo mais depressa ele cai, segundo a visão aristotélica a velocidade do mais pesado seria o dobro do objeto mais leve. Esse movimento deveria ser causado por uma força e a velocidade aumentaria quando a força aumentasse, retirando-se a força o movimento deveria cessar.

Galileu Galilei (1564 – 1642) procurou verificar experimentalmente se as ideias de Aristóteles eram válidas. De acordo com a história o jovem Galileu quando

participava de uma missa na catedral de Pisa, ao observar distraidamente um candelabro que balançava de um lado para outro, percebeu que embora as oscilações sucessivas se tornassem menores e menores à medida que o candelabro caminhava para o repouso, o tempo de cada oscilação permaneceu o mesmo (GAMOW, 1962). Decidido a verificar isso, usou pedras de tamanhos e pesos diferentes e cordas de diferentes comprimentos para medir o período de oscilação, esses estudos o levaram a uma surpreendente descoberta. Embora o período de oscilação dependesse do comprimento da corda era bastante independente do peso da pedra, essa observação foi definitivamente contraditória ao dogma aceito de que corpos pesados são mais rápidos que corpos mais leves.

Galileu escreveu o livro *Diálogo sobre Duas novas ciências* cujo objetivo estava em expor uma ciência nova que trata de um tema muito antigo, talvez não exista nada mais antigo que o movimento. Ele descreve como descobriu algumas propriedades que não haviam sido observadas, tão pouco demonstradas, como, por exemplo, o movimento de queda livre de um corpo que é continuamente acelerado, mas como esta aceleração ocorre ainda não havia sido enunciado.

Neste livro (GALILEU, 1988), Galileu usou uma conversação entre três personagens: Simplicio representante do pensamento aristotélico, Salviatti que representava as ideias de Galileu e Sagredo personagem intelectualmente não comprometido. Como era de se esperar Salviatti trazia as ideias de Galileu e discutia sobre o problema da queda livre como podemos observar nessa passagem com o personagem Salviatti:

*“Salviatti: Tenho sérias dúvidas que Aristóteles tenha alguma vez verificado experimentalmente se é verdade que duas pedras deixadas cair de uma mesma altura de, digamos 100 cúbitos, e uma delas pesando 10 vezes mais que a outra, adquirissem velocidade tão diferentes que, quando a mais pesada tocasse o solo, a mais leve não tivesse senão caído de 10 cúbitos.”* (cúbito mede cerca de 50 cm)

Podemos observar nesta parte do diálogo que Galileu argumenta através de uma análise do que deveria acontecer em um experimento imaginário, lançando uma objeção à teoria do movimento de Aristóteles. A explicação de Galileu para o caso da queda dos corpos dependia do fato de ele ser capaz de imaginar como cairia um objeto caso não existisse a resistência do ar. Isso foi uma explicação difícil de ser aceita no tempo de Galileu, onde ainda não existiam bombas a vácuo. Porém um dos êxitos de Galileu foi expor o ponto mais fraco da teoria de Aristóteles.

Compreendendo a dificuldade de realizar uma verificação direta a um corpo em queda livre, Galileu propôs uma nova hipótese: um corpo em queda livre tem uma aceleração constante, então uma bola perfeitamente esférica rolando ao longo de um plano inclinado perfeitamente liso também terá uma aceleração constante.

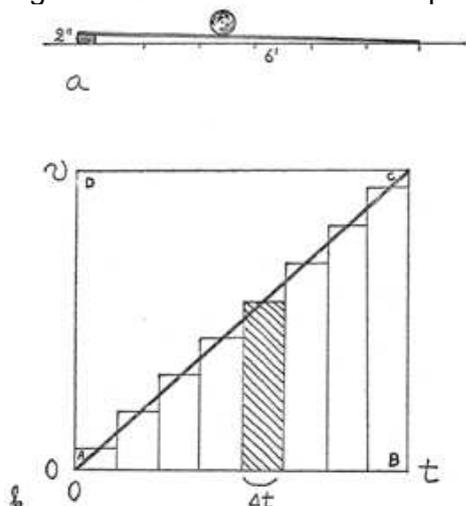
Assim, ao tratar sobre o movimento uniformemente acelerado, Galileu acreditava que ocorressem incrementos iguais de velocidades em tempos iguais, foi o primeiro a definir a aceleração. Porém, realizar um estudo direto da queda livre demonstrou-se uma tarefa difícil devido a rápida variação da posição com o tempo. Para resolver esse problema Galileu usou um plano inclinado, medindo a distância percorrida por um objeto descendo o plano a partir do repouso e mostrando que ela cresce com o quadrado do tempo. Encontramos como Salviatti descreveu este experimento no livro *Duas novas Ciências*:

“Numa ripa ou, melhor dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado a três dedos do outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com um pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida para ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando-se sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para a descida completa; repetindo esta experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas a quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medindo o tempo de queda, resultava ser rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer a metade, ou dois terços, ou qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si com os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola” (GALILEU, 1988, pg. 141)

Nesta descrição temos que o problema enfrentado por Galileu foi encontrar uma lei da mudança da velocidade com o tempo, o que o levou à dependência do tempo e a distância. Observa-se nesta descrição que as distâncias percorridas aumentariam com o tempo se a velocidade fosse proporcional.

Vamos analisar a descrição feita por GAMOW (1962).

Figura 1: Esfera rolando em um plano inclinado e descrição do método de integração



Fonte: GAMOW, 1962 p. 27.

De acordo com a descrição realizada por Gamow, a imagem (a) representa uma esfera rolando em um plano inclinado sob um ângulo de  $6^\circ$ , e a imagem (b) apresenta uma forma moderna do argumento usado por Galileu considerando um diagrama em que a velocidade do movimento  $v$  é plotada contra o tempo  $t$ . Se  $v$  é diretamente proporcional a  $t$ , obteremos uma reta que vai da origem a  $(t, v)$ . Dividindo o tempo, em um grande número de intervalos de tempo muito curtos e desenhando linhas retas verticais como mostra a figura obtém-se um número grande de retângulos. Assim podemos substituir a inclinação lisa correspondente ao movimento contínuo por uma espécie de escada onde o movimento muda abruptamente por incrementos e permanece constante por um curto período de tempo. Se os intervalos de tempo forem cada vez mais curtos, a diferença entre a inclinação suave e a escada se tornará cada vez menos notável e desaparecerá quando o número de divisões se tornarem infinitamente grande. Assume-se que o movimento prossegue com uma velocidade constante em cada pequeno intervalo de tempo e a distância percorrida é igual a esta velocidade multiplicada pelo intervalo de tempo, mas como a velocidade é igual a altura do retângulo, este produto é igual a área do retângulo. A área do triângulo ABC, no intervalo de tempo  $(0, t)$  é a metade da área do retângulo ABCD temos:

$$s = \frac{1}{2}vt$$

De acordo com nossa suposição,  $v$  é proporcional a  $t$  de modo que  $a$  é uma constante, conhecida como aceleração:

$$v = a \cdot t$$

Ao combinarmos essas duas fórmulas obtemos:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

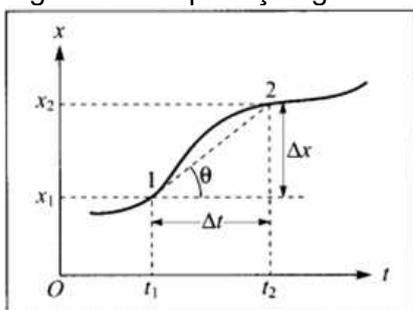
Essa descrição prova que a distância aumenta com o quadrado do tempo, Galileu foi o primeiro a aplicar o método aos fenômenos mecânicos lançando as bases para a disciplina que mais tarde Newton tornou em um dos ramos mais importantes da ciência matemática.

Nesta descrição vamos considerar para o desenvolvimento do produto com o estudante apenas o movimento unidimensional em linha reta, além de abordarmos como Galileu descreveu seu experimento do plano inclinado e assim chegou à conclusão descrita acima sobre a aceleração constante; iremos abordar velocidade média e construção de gráficos desse tipo de movimento.

Para descrevermos o movimento inicialmente devemos definir posição e deslocamento. A posição de um objeto deve ser considerada em relação a um ponto de referência (quase sempre a origem), de um eixo  $x$ . A mudança de posição nesse eixo  $x$ , por exemplo, de  $x_1$  para  $x_2$ , é considerado o deslocamento.

Uma maneira de descrever a posição é desenhando um gráfico da posição  $x$  em função do tempo  $t$ , um gráfico  $x(t)$ .

Figura 2: Interpretação geométrica da velocidade média



Fonte: MOYSÉS, 2002 p.25.

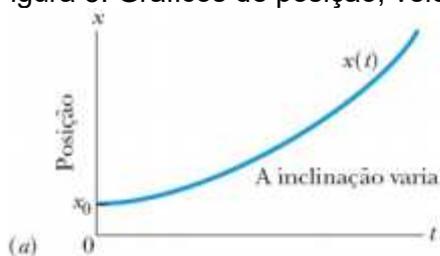
Podemos concluir que as grandezas 1 e 2 associadas neste exemplo, são associadas à expressão como a velocidade média sendo a razão entre o deslocamento  $\Delta x$  e o intervalo de tempo  $\Delta t$  em que ocorreu esse deslocamento.

$$v_{med} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

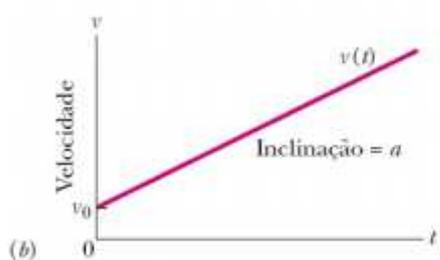
Qualquer movimento não uniforme chama-se acelerado, e ao observar sua representação geométrica, temos o coeficiente angular na inclinação entre os extremos 1 e 2 do arco na curva correspondente no gráfico. A velocidade média entre  $t_1$  e  $t_2$  corresponde à velocidade de um movimento uniforme que partindo de  $x(t_1)$  e chegando em  $x(t_2)$ . (MOYSES, 2002, p.25).

Em muitos tipos de movimento, como o que descrevemos neste trabalho o movimento é uniformemente variado, ou seja, a aceleração é constante, como podemos observar nos gráficos da posição, velocidade e aceleração para uma mesma partícula, na figura abaixo.

Figura 3: Gráficos de posição, velocidade e aceleração



As inclinações da curva de posição são plotadas na curva de velocidade.



A inclinação do gráfico de velocidade é plotada no gráfico de aceleração.



Fonte: HALLIDAY, RESNICK, 2016 p.71.

Na imagem temos em (a) uma partícula se movendo com velocidade variável, em (b) a velocidade da partícula é dada em cada ponto da curva, e em (c) a aceleração constante de uma partícula, igual à inclinação da curva de  $v(t)$ .

Quando a aceleração é constante, a aceleração média e aceleração instantânea são iguais, assim podemos escrever da seguinte forma:

$$a = a_{med} = \frac{v - v_0}{t - 0}$$

Podemos deduzir as equações do movimento através da integração da aceleração, com a condição que esta seja constante. Assim escrevemos a definição de aceleração:

$$dv = a dt$$

Calculando a integral nos dois membros da equação:

$$\int dv = \int a dt.$$

Sendo a aceleração constante pode ser colocada do lado de fora do sinal de integração, assim:

$$\int dv = a \int dt$$

$$v = at + c$$

Fazendo  $t = 0$  e chamando de  $v_0$  a velocidade nesse instante obtemos:

$$v_0 = a(0) + c = c$$

Escrevendo a definição de velocidade na forma:

$$dx = v dt$$

E integrado do ambos os membros da equação para obter:

$$\int dx = \int v dt.$$

Substituindo  $v$  pelo valor encontrado na equação, temos:

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

Resolvendo essa integral obtemos:

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

A expressão em que chegamos é conhecida como equação da posição em um movimento uniformemente acelerado. Na integração acima aparece  $C'$  como uma constante que pode ser determinada fazendo  $t = 0$  e chamando  $x_0$  a posição nesse instante. Esta equação não será tratada na sequência produzida, porém ela pode ser desenvolvida através dos estudos sobre o movimento realizados a partir de Galileu.

## 2.2 A LEI DE HOOKE

A escolha desse tema para ser tratado em nosso produto se deu em razão de sua pouca visualização no Ensino Médio, a Lei de Hooke geralmente é ensinada de forma superficial sendo muitas vezes tratada apenas no estudo de Energia, ao se falar em trabalho realizado por uma força elástica. Porém, se observarmos aspectos históricos, a força elástica desenvolvida por Robert Hooke possui grande importância no campo da dinâmica, mas os professores e os livros didáticos geralmente trabalham apenas as Leis de Newton negligenciando o estudo dessa força (BRITO, 2008). No caso dos livros, muitos trazem apenas pequenas notas sobre a Lei de Hooke. Para melhor compreender essa Lei, inicialmente vamos ver quem foi Robert Hooke.

Robert Hooke nasceu em 18 de julho de 1635 em Frashwart, na ilha de Wight, em 1653 foi enviado para Oxford para dar continuidade a seus estudos. Em 1655 empregou-se à serviço do físico e químico Robert Boyle que aproveitou sua habilidade na construção da célebre bomba pneumática. Em novembro de 1662 por recomendação de Boyle, Hooke foi nomeado *Curador of Experiments da recém-fundada Royal Society of London*. A partir de 1664 exerceu também o cargo de professor de geometria na Gresham College, no mesmo ano publicou seu livro "Micrographia" onde descreve o microscópio composto por ele criado.

Um dos temas trabalhados por Hooke largamente mais conhecido é o estudo do efeito de forças sobre materiais diferentes. Com umas variedades de arames, molas metálicas e barras de madeira, sujeitando-as a forças aplicadas progressivamente, mediu as deformações produzidas.

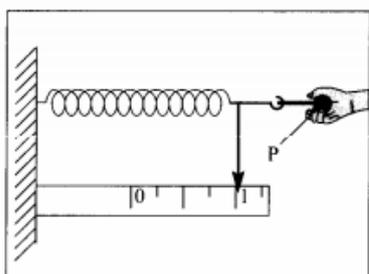
Antes de compreendermos como são medidas essas deformações, vamos entender o conceito de força. Nosso conceito intuitivo de força está ligado ao esforço muscular, e através desse tipo de força podemos colocar corpos em movimento, ou pelo menos alterar seu estado de movimento. De acordo com MOYSES (2002, p.64) historicamente, as forças e seus efeitos foram analisadas primeiramente em situações elásticas. Dentre as forças de interação que figuram mais frequentemente nos processos ao nosso redor estão as chamadas forças elásticas, forças exercidas a partir de deformações de materiais.

Deformação de um corpo é entendida como uma alteração na forma e ou na dimensão. Essas podem ser de vários tipos como: compressões, distensões, flexão, torções entre outras. Não existe corpo que seja perfeitamente rígido, todos podem

sofrer deformações ao serem submetidos à ação de forças. Uma deformação é dita elástica quando desaparece com a retirada das forças que a originaram.

Pode-se medir o efeito de uma força aplicada a uma partícula pela distensão que ele produz numa mola. Observe a figura:

Figura 4: Distensão de uma mola



Fonte: MOYSÉS, 2002, p.64.

Na figura observa-se que a posição indicada no ponteiro ligado à mola, nos permite graduar uma escala, cuja indicação 0 corresponde à posição de repouso da mola, antes da aplicação da força, e a gradação 1, a deformação aplicada a mola.

Hooke, ao analisar sistemas elásticos, verificou que existia uma proporcionalidade entre a força deformante e a deformação elástica por ela produzida. Assim, através de suas observações enunciou a lei que é conhecida como lei de Hooke, que foi publicada em 1676, que diz o seguinte: as forças deformantes são proporcionais às deformações elásticas.

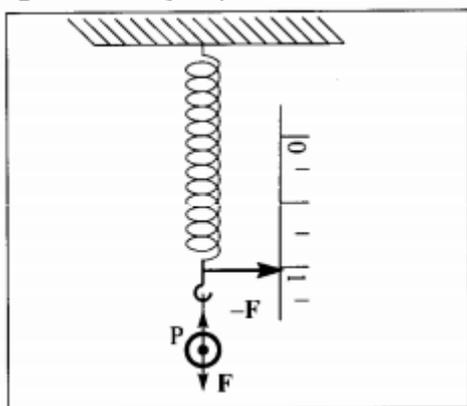
Hooke considerou que a deformação sofrida por uma mola, que vamos representar por  $\Delta L$  como variação do comprimento da mola, sob ação de uma força  $\Delta F$  é dado por:

$$|\Delta F| \propto |\Delta L|,$$

relação de proporcionalidade que pode ser transformada em uma igualdade se for introduzido um fator de proporcionalidade  $k$  conveniente. Mas como explicar a introdução desse fator de proporcionalidade?

Para ilustrar essa situação vamos novamente nos reportar a ideia da força aplicada na deformação de uma mola, mas nesse caso em uma direção vertical, conforme ilustra a figura.

Figura 5: Força - peso



Fonte: MOYSÉS, 2002, p.65.

Nessa imagem podemos observar uma partícula suspensa em situação de equilíbrio, e temos, portanto, duas forças agindo nesta partícula, iguais e contrárias  $F$  e  $-F$ . A força  $F$  é devido à atração gravitacional da Terra e representa a força-peso, e  $-F$  é devida à mola. O peso do corpo é a magnitude da força vertical, dirigida para cima, que se faz necessário aplicar para mantê-lo em equilíbrio (Moyses, 2002, p. 65)

Lembrando que na queda livre de um corpo a aceleração é constante, sendo a força que atua no corpo (atração gravitacional) vertical e dirigida para baixo também constante. Isso nos sugere que a aceleração devida a essa força seja proporcional à força, ou seja,  $a = k F$ . Sendo essa força, quando medida em termos de distensão da mola, aplicada em corpos diferentes, capaz de produzir acelerações diferentes, é possível assim concluir que o coeficiente  $k$  mede uma propriedade do corpo.

Isso nos permite apresentar a lei de Hooke da seguinte forma:

$$|\Delta F| = k|\Delta L|.$$

A lei de Hooke é facilmente comprovada através da construção de um dinamômetro, que nada mais é que um dispositivo onde uma mola é suspensa na posição vertical, e tem em sua extremidade inferior um suporte para alojar um corpo qualquer. É evidente no experimento que a força aplicada é responsável pela deformação da mola, e ao se retirar o corpo responsável pela aplicação da força à mola restaura as suas características originais.

## 2.3 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A proposta para o estudo da pressão atmosférica busca abordar os conhecimentos científicos de forma integrada a sua produção histórica. Nesse sentido se traz a tona à controvérsia científica sobre a existência do vazio, que permeou o desenvolvimento desse conceito. Na abordagem desse tema propomos um estudo histórico sobre a ideia do vácuo, permeado por realização de algumas atividades experimentais que corroborem para a construção dos conceitos científicos.

Nesse sentido vamos elencar dois grandes grupos de estudiosos da antiguidade, os atomistas e os aristotélicos. Os atomistas consideravam que fenômenos físicos podiam ser explicados por meio de espaços vazios, a existência do vácuo em suas teorias era fundamental, pois sem ele não se explicava o movimento, por exemplo, de partículas indivisíveis como os átomos em meio a espaços vazios.

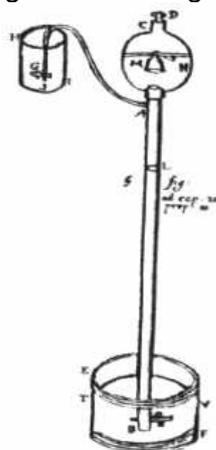
Para Aristóteles no século IV a. C. o movimento não evidenciava a existência do vazio, afirmava que a natureza tinha “horror a vácuo”, e que quando este era criado, a natureza imediatamente agia para preencher o espaço. Quanto ao movimento usava o chamado argumento da troca mutua, onde para que houvesse o movimento os corpos poderiam trocar de lugar mutuamente no espaço como Aristóteles explica no caso: “O peixe passa a ocupar um lugar onde havia água; aquela água se desloca e o local onde o peixe estava é ocupado por água.” (MARTINS, 1989, p.12).

As discussões acerca da existência ou não do vácuo eram bastante divididas. Platão aceitava a possibilidade de um vazio artificial, porém, só existiria em pequenos espaços. Considerava que não havia vazio além da atmosfera, os corpos celestes eram então ocupados pelo éter.

Os debates prosseguiram ao longo da Revolução Científica e a resposta a esses questionamentos começa a surgir na utilização de bombas de sucção e bombas de êmbolos largamente utilizadas para fins agrícolas. O problema estava no fato dessas bombas não conseguirem bombear água acima de 10 metros aproximadamente. O próprio Galileu foi comunicado do problema, mas manteve-se conservador em certas ideias. Galileu acreditava que a coluna de água quebrava-se sob o próprio peso.

Por volta de 1641 Gasparo Berti realizou um experimento interessante, preparou um tubo de chumbo bastante longo, com uma torneira na parte inferior, conforme a figura abaixo.

Figura 6: Montagem do experimento realizado por Gasparo Berti



Fonte: MARTINS, 1989, p.34

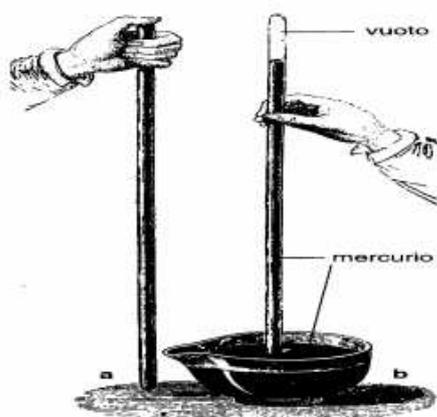
O tubo foi preenchido com água e colocado em um tonel também com água. Ao abrir-se a torneira a água desceu pelo tubo, permanecendo uma coluna de água que já era prevista. O experimento gerou algumas controvérsias já que no tubo não era possível visualizar a altura da coluna de água. No entanto, mostrava-se aí que a Natureza não tem horror ao vácuo, visto que este foi criado e mantido estável.

Em 1643, Evangelista Torricelli e Viviani, tentaram realizar experiências semelhantes à de Berti, mas ao invés de água usaram mercúrio. Torricelli lançou a hipótese de que não era o vácuo que sugava a coluna de água e sim a pressão atmosférica que empurrava a água para cima no tubo.

Assim, as bombas de sucção seriam incapazes de elevar água acima de 10 metros (uma coluna de 10 metros produz uma pressão atmosférica de 1 atm), em razão da pressão exercida pela atmosfera e ao usar mercúrio, que é cerca de 14 vezes mais denso que a água, a altura esperada no experimento seria de 1/14 da altura da coluna de água.

Torricelli realizou o experimento que ficou conhecido como “barômetro de Torricelli”, este consistia em um tubo de vidro de aproximadamente 1 metro de altura aberto em uma extremidade e fechado na outra, uma cuba e mercúrio. Ele encheu o tubo com mercúrio e mergulhou na cuba (que também continha mercúrio), em seguida observou que o mercúrio descia um pouco, se estabilizando aproximadamente em 0,76 metros, obtendo desta forma na parte superior um espaço vazio, que aparentemente não é ocupado por nenhuma matéria e verificando a previsão de Torricelli.

Figura 7: Barômetro de Torricelli



Fonte: SILVA, D.M. 2013,p.15.

Torricelli explicou em carta dirigida a Ricci, ao realizar o experimento pode ser observado:

“Embora o mercúrio se sustentasse, sendo pesadíssimo, essa força que dirige o mercúrio contra a sua natureza de cair para baixo, conforme se acreditou até agora, fosse interna ao tubo, ou ao vácuo, ou a essa matéria extremamente rarefeita; mas eu mantenho que é externa e que a força vem de fora.” (MARTINS, 1989, p.158)

A experiência de Torricelli permitiu que pela primeira vez fosse possível medir a pressão atmosférica. O experimento teve grande repercussão, os seguidores de Aristóteles se mobilizaram contra a ideia do vácuo. Coube mais tarde a Blaise Pascal repetir o experimento na montanha Puy-de-Dôme, acompanhado de Florin e Périer, obtendo uma diferença de mais de oito centímetros em relação aos índices indicados por Torricelli, isso confirmou a suspeita de Pascal sobre a variação da pressão atmosférica com a altura, e ele derrubou a teoria que a natureza tem horror ao vácuo, atribuindo à pressão atmosférica os efeitos observados (LONGUINI e NARDI, 2000, p.69).

Para que possamos compreender melhor os resultados obtidos acerca da pressão atmosférica, se faz necessário entender um pouco sobre a mecânica dos fluidos.

A definição mais usual de fluido diz: Fluido é uma substância que não tem forma própria, assumindo o formato do recipiente. Em escala macroscópica, um fluido se

comporta como um meio contínuo, ou seja, suas propriedades variam com continuidade num entorno de cada ponto do fluido (MOYSES, 2002, p.2).

Consideraremos que os fluidos são um meio contínuo e homogêneo, isso facilita o estudo e permite introduzir algumas definições.

Um líquido exerce forças sobre as paredes do recipiente onde está contido. Se  $F_n$  representa a força normal que age numa superfície de Área A, e  $dF_n$  a força normal que age em um infinitésimo de área  $dA$ , a pressão em um ponto será:

$$p = \frac{dF_n}{dA}$$

Se a pressão aplicada for uniforme, sobre toda a área, então a pressão exercida será:

$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Onde:

F = força exercida.

A = área a ser considerada.

A unidade de pressão é definida pela relação entre as unidades de força e área e, no SI é  $N/m^2$ , que também é conhecida como pascal (Pa), em homenagem ao físico e matemático francês Blaise Pascal (1629-1662).

Sentimos pressão também quando vamos a uma piscina nadar, quanto mais fundo você mergulha mais será sentida a pressão sobre você, assim quanto maior a profundidade maior será a pressão que o líquido exerce. A pressão também depende da densidade do fluido, ou de sua massa específica.

Massa específica  $\rho$  é a massa do fluido em uma unidade de volume, também conhecida como densidade absoluta.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Onde:

m = massa

V = volume

Ao analisar o experimento de Torricelli temos que a altura da coluna do líquido independe da área do tubo, e isso é facilmente demonstrado com um pouco de matemática. Vamos considerar que a força aplicada é o próprio peso do líquido no tubo.

Assim:

$$F = m \cdot g \quad (3)$$

Onde:

$m$  = massa da coluna do líquido

$g$  = é a aceleração da gravidade

Substituindo (3) em (1), temos:

$$p = \frac{m \cdot g}{A} \quad (4)$$

Isolando  $m$  em (2) e substituindo em (4), temos:

$$p = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} \quad (5)$$

Sabendo que  $V = A \cdot h$ , onde  $h$  é a altura da coluna, temos:

$$p = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} \quad (6)$$

Eliminando a Área ( $A$ ) da equação (6), podemos definir a pressão como:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Desta forma foi possível demonstrar que a pressão exercida em uma coluna com um fluido independe da largura do tubo utilizado, ela depende apenas da altura da coluna.

Sabendo que a densidade de um líquido varia muito pouco ao ser submetido a pressões variáveis, podemos, com uma boa aproximação tratar um líquido como um fluido incompressível, na estática dos fluidos.

Para um fluido incompressível, com densidade constante, considerando a aceleração da gravidade constante, temos:

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g = \text{constante}$$

Onde:  $z$  é a altitude

A variação de pressão com a altitude  $z$  considerando a pressão no nível de referência igual a  $z_0$  cuja pressão será representada por  $p_0$ , é obtida integrando-se a relação acima. Desta forma:

$$\int_{p_0}^p dp = - \int_{z_0}^z \rho g dz$$

$$p - p_0 = -\rho g(z - z_0)$$

Considerando  $z_0$  à superfície do líquido, em contato com a atmosfera,

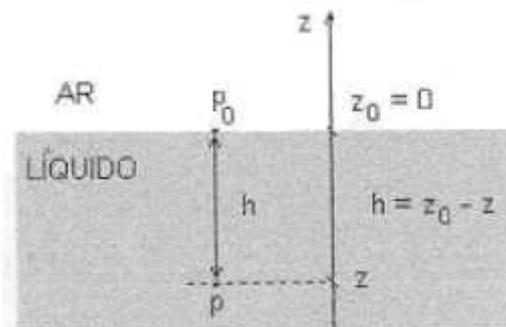
$$p(z) = p_0 = \text{pressão atmosférica}$$

Sendo  $z_0 - z = h$  a profundidade abaixo da superfície livre a equação acima nos fornece a pressão com a profundidade:

$$p - p_0 = \rho gh$$

Esta equação indica que a diferença de pressão entre dois pontos num fluido estático pode ser determinada medindo-se a diferença de elevação entre eles. Os dispositivos utilizados com esse propósito são chamados de manômetros (FOX, 2001, p.34).

Figura 8: Dedução da Lei de Stevin



Fonte: A autora

A equação acima é também conhecida como a lei de Stevin: a pressão no interior de um fluido aumenta linearmente com a profundidade.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O ensino de física apresenta um grande desafio por se tratar de uma disciplina que lida com conceitos de grande abstração teórica, muitos estudantes possuem enormes dificuldades de compreendê-la. Sendo o professor mediador, a relação pedagógica consiste no provimento das condições em que professor e alunos possam colaborar para fazer progredir a construção do conhecimento. O papel do professor é insubstituível, mas acentua-se a participação dos estudantes, com sua experiência imediata num processo cultural, na busca da verdade, ao confronta-la com os conteúdos e modelos expressos pelo professor.

O ensino de Física neste contexto apresenta-se de acordo com os PCN+EM:

<sup>1</sup>“Um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas.” (BRASIL, 2002, p.59)

Neste sentido usa a aprendizagem significativa que consiste em relacionar uma nova informação com um aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do conhecimento específico. A aprendizagem ocorre, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, desde que se tenha um ambiente com uma comunicação eficiente, que respeite e conduza o estudante a sentir-se parte integrante do conhecimento através de ligações, de termos conhecidos por ele. Através da palavra e ações práticas, o professor pode diminuir a distância entre a teoria e a prática na escola, inteirando-se de uma metodologia que desafie e faça com que o estudante reflita sobre o que está aprendendo, conhecendo a sua realidade e os seus anseios.

A aprendizagem significativa para Ausubel é resultante dos processos cognitivos através dos quais, o indivíduo adquire e utiliza o conhecimento. Desta forma

---

<sup>1</sup> O PCN+EM são os resultados de meses de trabalho e de discussão por especialistas e educadores de todo o país. Servirão de estímulo e apoio à reflexão sobre a prática diária, o planejamento das aulas e, sobretudo ao desenvolvimento do currículo da escola.

novas informações são aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes disponíveis na estrutura cognitiva sirvam de ancoradouro para novas ideias e conceitos. (MOREIRA, 1985)

Podemos ilustrar essa ideia através de alguns exemplos, como ao estudar conceitos de velocidade, força e pressão, estes já existem na estrutura cognitiva do estudante, assim servirão de subsunçores para novas informações. O processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação dos conceitos. Na proposta elaborada buscou-se em cada sequência elaborar atividades com imagens, experimentos e textos que partam dos conhecimentos que os estudantes já possuem e em seguida apresentar novas informações, de forma que exista uma interação entre aspectos específicos da estrutura cognitiva e essas novas informações.

A aprendizagem significativa pode se dar através de algumas formas como: Representacional, que consiste em compreender o significado para símbolos e palavras; Proposicional subordinada, quando um conhecimento é assimilado a conceitos específicos existentes na estrutura cognitiva do sujeito; Proposicional superordenada, quando o novo conceito surge do relacionamento entre significado de ideias já existentes na estrutura cognitiva; Proposicional combinatória, quando o novo material passa a se relacionar a um conjunto amplo e relevante, e não especificamente a ideias subordinadas ou superordenadas. (MOREIRA, 2011)

Uma de suas contribuições é marcar claramente a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, essa acontece quando o conteúdo a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ou seja, temos uma aprendizagem mecânica quando as novas informações são assimiladas momentaneamente sem interagirem com conceitos importantes existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo então guardadas aleatoriamente. Mas devemos levar em consideração que para a aprendizagem ocorrer é necessário que o estudante manifeste disposição, ou seja, esteja motivado a aprender e a relacionar de forma não – arbitrária o novo material.

A aprendizagem de significados (conceitos) é aquela mais relevante para os seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva, e desse modo a humanidade tem se amparado para transmitir as informações ao longo das gerações.

Para Ausubel o conhecimento prévio que o sujeito traz consigo é chamado de "conceito subsunçor" ou simplesmente "subsunçor". Os subsunçores são estruturas específicas de conhecimento ao qual uma nova informação pode ser agregada às informações já existentes produzindo novas aprendizagens.

A principal função de um organizador prévio é servir de ponte entre o que o estudante já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara. O organizador depende da natureza do material de aprendizagem: textos, demonstrações, imagens, uma discussão, costumam representar um organizador prévio. Por exemplo, na sequência sobre a Lei de Hooke que será discutida mais adiante, usamos duas imagens sobre força elástica seguidas de um questionário que é usado para propor uma discussão inicial sobre o conhecimento a ser aprendido.

Para Ausubel os conceitos já estudados precisam provocar sentido para o estudante no processo de ensino e as novas informações necessitam interagir e fundar-se nos conceitos já existentes na sua estrutura cognitiva. Assim a aprendizagem significativa se comprova quando o banco de dados do plano mental do estudante aparece. Sugere que, nesse processo, é necessária a utilização de organizadores prévios para amparar a nova aprendizagem, fazendo com que o estudante desenvolva os conceitos subsunçores, de modo a viabilizar a aprendizagem seguinte. De acordo com Moreira:

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer o uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento. (MOREIRA, 2006, p.17)

Desta forma o material a ser aprendido deve relacionar-se ao que o estudante já sabe. A aprendizagem significativa trata, portanto de uma preocupação com a forma cognitiva de aquisição do conhecimento, uma vez adquirido este ele passa a ser fator influenciador à aprendizagem subsequente. (MOREIRA, 1985)

De acordo com a aprendizagem significativa, para verificar se a aprendizagem ocorreu, deve-se pensar em critérios diferentes dos usualmente utilizados. Uma possibilidade é propor tarefas de aprendizagem sequencialmente dependentes umas

das outras, onde a etapa seguinte não pode ser executada sem uma compreensão da etapa anterior. Outro exemplo são os mapas conceituais que podem ser usados para ensinar, prender e avaliar. Acredita-se que uma das razões para os mapas serem eficazes neste processo, é que eles auxiliam na organização e estruturação dos conhecimentos cognitivos do estudante.

Assim a aprendizagem significativa nos traz a ideia de organização do ensino, como uma maneira de facilitar. Porém devemos levar em consideração a motivação que o estudante traz em aprender, e a partir destes fatores elaborar estratégias e condições necessárias para a aprendizagem ocorrer.

### 3.2 O ENSINO DE FÍSICA

O conhecimento científico deve ser entendido como resultado da produção humana, desse modo, está em contínuo aperfeiçoamento e adequação ao processo histórico no qual está inserido. O ensino de física neste sentido deve ser aprimorado no que se refere à abordagem dos conteúdos, pois se trata de pensar não apenas em quais conteúdos serão trabalhados, mas como serão abordados.

A investigação científica traz para o estudante a oportunidade de interagir com o conteúdo proposto, porém faz-se necessário um planejamento com estratégias bem definidas, para se chegar a esse objetivo. O ato de investigar requer a observação, delimitação do problema, coleta de dados, formulação de hipóteses ou ideias que possibilitem a solução ou explicação do problema e a previsão e verificação de novos fenômenos. Para a física, a investigação possibilita a compreensão dos fenômenos através da formulação de leis e princípios.

O ensino de física, quando visto desta maneira, deve estar voltado à formação de uma visão mais contextualizada historicamente a respeito da construção do conhecimento. O mundo que cerca os alunos, está repleto de objetos e fenômenos tecnológicos que desafiam constantemente a sua compreensão.

Neste contexto, a investigação em sala de aula, deve levar em consideração os materiais que serão oferecidos aos estudantes, quais conhecimentos prévios são importantes para que a discussão ocorra e, sobretudo é necessário o incentivo a sua participação nas atividades propostas. Muitas informações trazidas pelos estudantes precisam ser exploradas, ser confrontadas para se obter um aprofundamento do tema.

Atividades investigativas tornam-se assim, momentos de conhecimento com um objetivo comum, visando romper a inércia que é a sala de aula com potencial para retomar níveis mais complexos de aprendizado.

O trabalho de um cientista é guiado pela curiosidade, ele está continuamente tentando explicar os “porquês” das coisas, assim reúne uma série de fatos e, a partir deles procura entender como ou por que um determinado fenômeno ocorre.

Desta forma a sequência que será desenvolvida considera a abordagem histórica das ciências, bem como o aspecto experimental. Buscando a formação integral do estudante devemos incluir além do domínio dos conceitos, o desenvolvimento do senso crítico, a capacidade de compreender e discutir situações concretas e fenômenos do cotidiano.

Podemos perceber então que a utilização da História da Ciência pode, não só, auxiliar na compreensão dos conteúdos científicos, como também no próprio processo de desenvolvimento cognitivo do estudante. Por meio dos exemplos do passado, das angústias, vitórias, dos fracassos e dos grandes feitos das gerações nos acontecimentos que se apresentam.

A abordagem que será dada também através do uso de experimentos didáticos possui grande importância, pois traz momentos motivadores, aguça sua curiosidade em busca de novas descobertas e faz com que o estudante questione sobre o tema a ser trabalhado, o que favorece a aprendizagem significativa.

Neste contexto de acordo com a base nacional comum curricular:

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades. (BNCC, 2017, p. 16).

A partir dessas questões vistas elaborou-se um produto educacional, onde o estudante é agente ativo no processo de aprendizagem. Em cada sequência usamos textos que resgatam aspectos históricos sobre os conceitos, e sobre o cientista que contribuiu para o desenvolvimento de uma lei física, temos também questionários que integram o estudante às aulas fazendo com que participem nas discussões e na

construção do conhecimento. Cada sequência traz atividades experimentais, que tentam resgatar os experimentos historicamente construídos ou no intuito de questionar, criar no estudante um olhar investigativo onde à física passa a ter movimento e se integrar na aprendizagem do estudante.

### 3.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Tendo em vista as dificuldades encontradas por professores e o que se tem disponível em bibliografias estudadas, observa-se a necessidade de abordar aspectos da construção histórica de conceitos da física, buscando a construção de sequências didáticas mais significativas para o estudante. Sabe-se que os conceitos científicos não foram descobertos por acaso, houve um longo processo de estudo e investigação para chegar ao que estudamos hoje nas escolas.

Aproximar o estudante da construção dos conceitos físicos com o estudo histórico, elaboração experimental e construção das leis desperta sua atenção e auxilia na aprendizagem significativa. Neste sentido ao trabalhar através de uma abordagem histórica dos conteúdos estudados, está se aproximando o conhecimento científico do universo cognitivo do estudante. A história da ciência representa a compreensão da Natureza e de como o Universo se desenvolveu e que está em constante construção. Ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica.

Grande parte dos currículos não considera relevante a abordagem da história da ciência em situações significativas em sala de aula. Buscando a formação integral do estudante, deve-se incluir além do domínio dos conceitos, o desenvolvimento do senso crítico, a capacidade de compreender e discutir situações concretas e fenômenos de seu cotidiano.

De acordo com QUINTAL e GUERRA (2009, p. 22) o uso da história da ciência visa complementar e ensino, o estudo adequado de episódios históricos nos permite compreender aspectos relevantes entre a ciência, tecnologia e sociedade. A ciência apresentada dessa forma não está isolada, mas faz parte do desenvolvimento histórico sofrendo dessa maneira a influência da sociedade.

Assim, a história da ciência permite ao professor, transmitir ao estudante aspectos relevantes na construção de conceitos. O fato de uma ideia ter sido discutida por muitos anos, séculos talvez, observar que houve conflitos, debates que muitas

ideias foram sendo substituídas por outras mais relevantes e adequadas.

Em relação aos Parâmetros Curriculares Nacionais, também existe a preocupação de inserir a história da ciência no ensino. Na proposta do documento, uma nova forma de construir o conhecimento, que engloba esse conhecimento no ensino, pode ser observada em alguns de seus objetivos:

Compreender a Ciência como um processo de produção do conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural;  
Identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica, e compreender a tecnologia como meio de suprir as necessidades humanas, sabendo elaborar juízo sobre riscos e benefícios das práticas científico-tecnológicas; (BRASIL, 1998, p.33).

Devido aos fatores expostos, a abordagem da história no ensino de Física pode auxiliar no processo da mudança conceitual dos estudantes e contribuir para que se manifestem de uma maneira diferente em relação à disciplina, que descubram desafios que possibilitem novas descobertas no seu desenvolvimento pessoal.

Assim, o estudo da Física a partir de uma perspectiva histórica contribuirá para a aproximação do conceito científico ao conhecimento prévio dos estudantes. Deve ser um recurso instrucional frutífero para construção e contextualização do conhecimento.

Portanto, a história da ciência, nos apresenta os problemas que serviram para a formulação dos conceitos, nos revela os conceitos, trazendo assim seus significados. Considerando a aprendizagem significativa como a interação entre a estrutura cognitiva prévia do estudante e o conteúdo da aprendizagem, o estudo a partir da história da ciência tem muito a contribuir na formação dos estudantes, fornecendo a eles subsídios para construir uma aprendizagem significativa.

### 3.4 O USO DE EXPERIMENTAÇÃO NAS AULAS DA FÍSICA

O uso de atividades experimentais pode ser considerado uma estratégia bastante vantajosa, de modo que são concebidas desde situações que focalizam a verificação de leis e teorias até situações onde os estudantes refletem sobre suas concepções a respeito dos fenômenos abordados.

Porém a estrutura das escolas tem se tornado um empecilho para as aulas de

prática experimental, entende-se por aulas experimentais aquelas em que o estudante monta, mede, analisa e tira suas conclusões.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), o uso de experimentação deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do estudante, onde este deverá desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de garantir que ele construirá outras habilidades, tais como interagir, questionar, investigar, etc. A investigação científica traz para o estudante a oportunidade de interagir com o conteúdo proposto, porém faz-se necessário um planejamento com estratégias bem definidas para se chegar a esse objetivo.

O ato de experimentar no ensino de física é de fundamental importância no processo de ensino – aprendizagem. Mas é preciso enfrentar as barreiras que se encontra em escolas públicas, como a falta de um laboratório de física e a falta de recursos para adquirir materiais para a realização de experimentos. Desta forma, propomos neste trabalho a construção de experimentos que podem ser realizados com materiais de baixo custo, onde o próprio estudante tenha condições de manusear os materiais realizando a sua construção.

As atividades experimentais podem apresentar funções essenciais para a construção do conhecimento não apenas no sentido que diz respeito à compreensão dos conceitos, mas também em desenvolver competências e habilidades de investigação. Essa necessidade está claramente expressa nos PCN+EM:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências de Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p.84).

As atividades experimentais neste contexto não devem ser trabalhadas de modo desligado de um plano de ensino, mas contribuir para o desenvolvimento intelectual e colaborar para a construção do conhecimento científico, permitindo o aprofundamento dos conceitos. Entretanto, o professor precisa alertar os estudantes de possíveis fatores que possam influenciar em um experimento, como a imprecisão de medidas realizadas podendo assim não alcançar os objetivos propostos.

O uso de atividades experimentais traz para o estudante a possibilidade de fazer a utilização de esquemas e servir-se da linguagem matemática, formulando um modelo a partir da investigação, possibilita também criar um pensamento crítico perante os resultados encontrados. Segundo SERÈ, et al (2003, p.39) através de atividades experimentais o estudante consegue mais facilmente ser ator na construção da ciência, já que a experiência demonstrativa seria mais propícia para um enfoque dos resultados de uma ciência acabada.

Desta forma nota-se que um plano de ensino que utilize atividades experimentais pode contribuir na construção do conhecimento, pois envolve concepções de realidade, de conhecimento científico, de método científico, buscando enfim concepção de ciência, que está viva em constante construção devendo ser compreendida, estudada e investigada pelo estudante.

### 3.5 O USO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA EM SALA DE AULA.

O ensino de física vem passando por diversas mudanças nos últimos anos sendo que além ensinar suas concepções teóricas e leis que estão dispostas no currículo escolar, é necessário também ensinar os estudantes a se tornarem seres críticos capazes de refletir e investigar um fenômeno. Cabe ao professor ser o mediador entre os conceitos historicamente construídos e o estudante, para isso usam-se diversas metodologias de ensino, dentre elas uma metodologia que já foi bastante empregada no ensino de ciências é o método científico.

O método científico já foi visto como uma fórmula infalível de se ensinar ciências, mas hoje sabemos que o seu uso linear “fechado” pode ser uma forma equivocada. Pensando nisto vamos fazer um breve relato sobre o entendemos por método científico e como podemos adapta-lo para um ensino mais abrangente.

A metodologia compartilhada por áreas como Física, Química e Biologia é a do Método Científico, difundida a partir de Galileu, no século XVII. Aplicado a um dado problema, tal método baseia-se em uma sequência lógica a qual envolve experimentação e observação do problema, o levantamento de hipóteses que descrevem e propõe uma solução, a previsão de novos resultados e, finalmente, a verificação experimental e análise dos resultados previstos.

Como filósofo, Galileu buscou uma metodologia que permitisse o conhecimento seguro da natureza e para isso a matemática ocuparia lugar central no método que

ficou conhecido como matemático-experimental. O método de Galileu pode ser composto de três princípios: o da observação dos fenômenos, tais como eles ocorrem, sem qualquer preconceito extra científico de natureza religiosa ou filosófica; o da demonstração ou experimentação, pois nenhuma afirmação sobre fenômenos naturais pode prescindir da verificação de sua legitimidade da produção do fenômeno; e o da regularidade matemática da Natureza (ROSA, 2012). Com estes princípios, Galileu foi o pioneiro em fazer a conexão entre experimento e a formulação matemática das leis físicas que regem o fenômeno em questão. Galileu contribuiu para o nascimento de um novo estilo científico, que combina matemática e experiência. Essa nova concepção não separa mais *episteme e techne*, ciência e técnica, o que temos é uma concepção aliada à racionalidade científica para a qual há uma estreita ligação entre o trabalho científico e o trabalho técnico (MARICONDA, Pablo R, 2006).

Quando nos referimos ao seu uso com fins didáticos, o método científico entendido como uma sequência linear de passos que consiste em compilar fatos, através da observação e experimentação que deriva em leis e teorias. Este método quando empregado em escolas não tem se mostrado eficiente, visto que a produção do conhecimento passa por implicações caracterizadas pela interação de pensar, sentir e fazer.

De acordo com MOREIRA (1993, p.113) o método científico possui várias concepções e que estas seguem uma ordem como: o método científico começa na observação; é um procedimento lógico, algoritmo, rígido que segue rigorosamente etapas visando chegar ao conhecimento científico; o método científico é indutivo; a produção do conhecimento científico é cumulativo e linear; o conhecimento científico é definitivo.

Essa concepção sobre a atividade científica nos causa questionamento, pois a ciência é muito mais que a obtenção de enunciados absolutamente certos, os objetivos da ciência segundo POPPER (1985, p.39) estão em analisar as consequências lógicas: exibir-lhes a fertilidade, na ausência de dogmatismo, nas aplicações práticas, pelas descobertas que surgem como novas perguntas, obrigando-nos ir à busca de novas respostas.

O método científico não começa na simples observação de um fenômeno, este vem sempre acompanhado de teorias, assim ele não pode ser entendido como o ponto de partida para um novo conhecimento. O ato de observar é influenciado pelo

conhecimento prévio e está impregnado de teorias. Fazer ciência não é uma receita, é uma atividade humana com todos os seus defeitos e virtudes, é uma construção humana. A aprendizagem de ciências como uma construção é a base para o que chamamos de construtivismo. A ciência está em constante mudança, podemos observar isso quando estudamos e analisamos a evolução histórica dos conceitos.

O estudante, nesse sentido, não deve ser visto como uma tábula rasa, onde o professor pode apresentar uma teoria e suas leis e estas serão absorvidas e compreendidas. Um novo conhecimento nada mais é que a modificação de um conhecimento anterior. O professor precisa apresentar uma nova teoria, como ela foi vista historicamente, assim acredita-se que o estudante passa a refletir sobre essa teoria suas concepções e construir seu conhecimento.

A partir desta concepção podemos dizer que as leis físicas surgiram através de cientistas que refletiram, buscaram o conhecimento através do que já se tinha e ousaram questionar. Essas novas questões levaram a novas respostas e a mais perguntas, não há uma maneira linear de se obter uma teoria, é um processo de construção que se dá por meio da investigação, análise e reflexão.

Desta forma, para se obter uma evolução do conhecimento, o método científico, quando apresentado desta forma rígida e linear, pode apresentar uma forma falha, sendo assim necessário uma nova concepção onde todo o conhecimento científico está aberto a crítica, pois a partir dela temos o progresso do conhecimento.

Levando em consideração o que foi exposto acima, vemos a necessidade de buscar alternativas para o ensino da física, com a elaboração de sequências didáticas que despertem o interesse e a atenção aos fenômenos, mostrar que esses possuem uma construção histórica, um longo caminho onde os cientistas desenvolveram experimentos e relações matemáticas. Confrontar os estudantes a esse conhecimento, permitindo que eles próprios realizem os experimentos se tornem parte ativa do processo de aprendizagem, poderá contribuir para que compreendam que os conceitos físicos estudados surgiram a partir de uma necessidade de compreensão da natureza.

#### 4. METODOLOGIA

Este capítulo é formado pelos aspectos metodológicos que orientam a pesquisa, serão caracterizados o local da pesquisa, o público alvo da pesquisa, a maneira pela qual os dados foram constituídos e qual o tipo e alcance da pesquisa.

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito dos temas que foram abordados nas sequências elaboradas neste produto, o Plano Inclinado, a Lei de Hooke e Pressão Atmosférica, a abordagem histórica e o uso de atividades experimentais assim como os procedimentos científicos no processo de desenvolvimento das aulas, e a aprendizagem significativa de Ausubel que é o pressuposto teórico utilizado.

De acordo com pesquisas feitas para a elaboração dessa proposta, vimos que os temas abordados, Plano Inclinado, Lei de Hooke, Pressão Atmosférica, quando são trabalhados nas escolas geralmente é feito de forma mecânica. Nos livros didáticos os conceitos são apresentados brevemente, muitas vezes sem considerar aspectos históricos ou a realização de atividades práticas, tendo apenas textos conceituais acompanhados por uma série de exercícios para o estudante realizar.

Para a realização dessa proposta elaborou-se três sequências didática sobre os temas citados acima, com o objetivo de apresentá-lo de forma contextualizada, aportada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel com o uso da História da Física e a realização de atividades experimentais. Um segundo objetivo do trabalho foi descrever como os estudantes da 1ª série do Ensino Médio aceitam e se envolvem ao longo desses estudos, ou seja, examinar se esta proposta beneficia a participação dos estudantes e facilita a aquisição dos conceitos necessários sobre os temas abordados. Em suma, o objetivo geral dessa pesquisa foi investigar como um grupo de estudantes se movimenta na superação de processos mecânicos na aprendizagem de Física.

A metodologia deste trabalho se caracteriza por uma pesquisa – ação, que se constitui em uma estratégia de pesquisa que tem por objetivo solucionar problemas por meio de ações definidas. Para Thiollent (1998) pesquisa – ação se caracteriza por uma pesquisa social com embasamento empírico, tendo estreita associação com uma ação de resolução de problema coletivo, os pesquisadores e os participantes estão diretamente envolvidos com o problema.

Deste modo a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa interpretativa, onde a partir de um problema dentro de um contexto social, temos uma ação investigativa, análise de dados e identificação da necessidade de mudança, assim a pesquisa é aliada à prática/ação, constituindo-se em um importante mecanismo de estudo e interpretação de dados obtidos.

A pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa onde utilizaremos a análise textual discursiva como ferramenta de estudo. Essa análise é um movimento de interpretação e produção de argumentos entre o empírico e a abstração teórica.

Por possuir um caráter qualitativo o ambiente da sala de aula foi o principal local de realização da pesquisa. A pesquisadora desempenhou o papel de professora e de investigadora. A coleta de dados se deu através da observação participante em sala de aula, os trabalhos produzidos pelos estudantes, tais como os roteiros por eles desenvolvidos, questionários, exercícios, mapa conceitual, jornal mural, etc. A observação se deu durante todo o tempo dedicado ao trabalho de campo, ou seja, nos três momentos sendo o primeiro sobre o Plano Inclinado com 5 encontros, o segundo sobre a Lei de Hooke com 4 encontros e o terceiro sobre a Pressão Atmosférica com 6 encontros previstos para o estudo dos conteúdos, sendo que cada momento foi trabalhado com uma turma diferente. Todas as atividades de sala de aula foram documentadas. Os estudantes que fizeram parte da pesquisa estavam cientes de sua participação através do documento TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido – Anexo B) previamente assinado por eles e seus responsáveis.

A aplicação do produto foi realizada na Escola de Educação Básica Saad Antônio Sarquis, que se localiza no bairro Cristo Rei – Chapecó –SC. A escola situa-se na região norte do município e conta com uma população de baixa e média renda. O desenvolvimento das sequências aconteceu no primeiro semestre do ano letivo de 2018. A escola possui três turmas de 1ª série do Ensino Médio, sendo duas no turno noturno e uma no turno matutino, todas essas turmas participaram da pesquisa. Os estudantes são oriundos da própria escola, sendo uma pequena minoria oriunda de escolas do município. Nota-se em alguns desses estudantes uma falta de motivação para o ensino já que vem para a escola por que são obrigados pelos pais ou pelo mercado de trabalho que exige deles um certificado. Por se tratar de turmas que, segundo os professores possuem dificuldades de aprendizagem, dessa forma não se sentem motivados a elaborar trabalhos que estimulem a criatividade e a autonomia

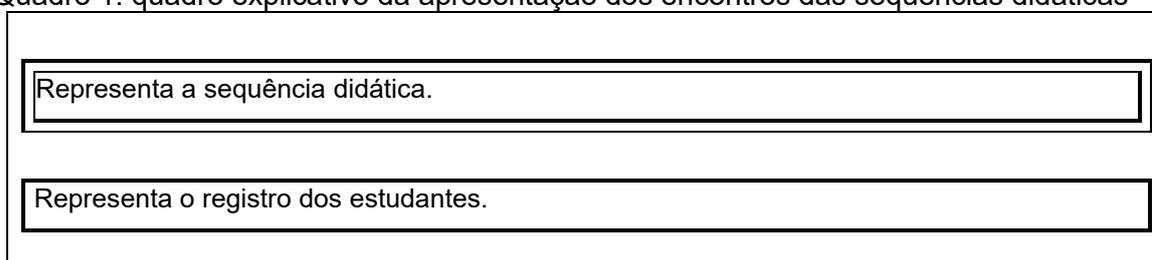
deles. Assim o desenvolvimento da proposta se deu por um grande desafio na consolidação dos nossos objetivos.

A análise de dados foi baseada nos princípios da análise textual discursiva que, de acordo com Moraes e Galiazzi (2006, p.118), propicia duas reconstruções concomitantes: do entendimento de ciência e de seus caminhos de produção; do objeto da pesquisa e de sua compreensão, argumentando que a partir das vivências dos sujeitos envolvidos no processo criam-se espaços de reconstrução, compreensão dos modos de produção da ciência e reconstrução dos significados sobre os fenômenos investigados.

Descrevem-se a seguir as sequências didáticas planejadas, os conteúdos apresentados, as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos ao longo das aulas de 45 minutos no turno matutino e 40 minutos no turno noturno, agrupadas em encontros.

Na descrição de cada encontro da sequência didática, usaremos quadros para melhor visualização e compreensão da proposta.

Quadro 1: quadro explicativo da apresentação dos encontros das sequências didáticas



Dos materiais que foram analisados iremos utilizar para os estudantes uma codificação como, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, ..., E<sub>30</sub> a fim de preservar as suas identidades. E nas atividades em grupo utilizaremos a codificação G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, ..., G<sub>6</sub> etc.

## 5. APLICAÇÃO DO PRODUTO, RELATO DE EXPERIÊNCIAS E RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este capítulo apresenta o detalhamento da aplicação das sequências didáticas junto das atividades desenvolvidas pelos estudantes, bem como os resultados obtidos.

### 5.1 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PLANO INCLINADO

Encontro 1: Inicialmente neste encontro foi apresentado aos estudantes da 1ª série 102 do turno noturno da escola EEB Saad Antônio Sarquis, como a proposta seria implementada nas aulas de Física. Este primeiro encontro tem por objetivo inserir o estudante no contexto que será estudado, e refletir sobre quais são as concepções prévias que eles trazem a respeito de movimento e como este conceito evoluiu ao longo dos anos. Foi entregue para os estudantes um texto sobre o movimento segundo Aristóteles (Anexo A), neste texto buscamos refletir sobre como se acreditava que o movimento dos corpos acontecia. Com a leitura do texto realizada foi solicitado que os estudantes respondessem questões relacionadas ao texto, essas foram realizadas individualmente.

Nestas questões os estudantes tem a oportunidade de poder se expressar, e se questionar sobre o seu conhecimento sobre movimento e através de suas observações vindas de pequenas atividades propostas como largar de uma mesma altura uma folha de papel, inicialmente na horizontal e depois amassada, e um lápis. Esta atividade tem por objetivo confrontar o pensamento e senso comum com os conceitos que serão estudados.

#### Quadro 2: Questões entregues para os estudantes

De acordo com a sua concepção do assunto responda individualmente as seguintes questões:

1. Qual o seu entendimento sobre movimento? Explique.
2. Descreva o movimento de queda de um objeto, quais fatores estão presentes neste movimento?
3. Faça o seguinte experimento e anote o que você observar:

- Solte de uma mesma altura uma folha horizontal e um lápis. Qual você acredita chegar antes ao solo?
  - Amasse uma folha de caderno e solte esta folha amassada e uma na horizontal da mesma altura. O que acontece? Por quê?
4. De acordo com o observado no experimento acima, você poderia dizer que corpos mais pesados, largados da mesma altura, chegam antes ao solo do que corpos com menos massa. Procure justificar sua resposta com base em seus conhecimentos e no que foi observado.

De acordo com a teoria Aristotélica e para nosso pensamento de senso comum, acreditamos que o lápis cairá primeiro no chão, pois para essa teoria o peso é um fator determinante na velocidade. Ao estudarmos o movimento segundo Aristóteles, temos duas esferas de mesmo tamanho, porém de diferentes pesos, sendo uma o dobro do peso da outra, a velocidade da mais pesada será o dobro da velocidade da mais leve. Resultados encontrados em experimentos contradizem essa ideia.

Galileu, em 1604 anunciou a Lei da Queda Livre: os movimentos de queda são os mesmos para todos os corpos independente de seu peso e sua forma, quando abandonados simultaneamente. Ele chegou a esta conclusão notando a diferença entre o movimento de queda de objetos de pesos diferentes, realizou experimentos para obter esses resultados, denominando esse movimento como uniformemente variado.

Observamos abaixo algumas das repostas dadas pelos estudantes.

#### Quadro 3: Registro de respostas dadas pelos estudantes

<p>E1: 1. Variação de posição de algum objeto.</p> <p>2. Gravidade, massa, corrente de ar.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis.</li> <li>• A amassada cai primeiro, por causa da corrente de ar.</li> </ul> <p>4. A folha quando amassada tem mais massa, porque uniu a distribuição da folha, o peso ficou mais concentrado.</p>
<p>E2: 1. Todo o movimento é concebido como efeito é concebido como efeito que irá cessar quando for cessada a causa, tudo que é movido deve ser movido por algo.</p> <p>2. A gravidade, a massa do objeto.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• A folha amassada cai mais rápido, por ser uma massa compacta não tem tanta interferência do ar.</li> </ul> <p>4. A força da gravidade age mais rápido em um corpo mais pesado, do que um com um corpo com menos massa.</p>
<p>E3: 1. Movimento é quando nos se desloca dum lugar para outro ou algum objeto.</p> <p>2. Velocidade média, massa. Por exemplo ou deixar uma folha e um tijolo cair ao mesmo tempo.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis por ele ter mais massa que a folha.</li> <li>• A folha amassada cairá primeiro, porque ao ser amassada a sua massa aumenta.</li> </ul> <p>4. Porque sua massa e peso, os fazem mais pesados colocando a cima velocidade.</p>
<p>E4: 1. Ele esta ligado ao principio de mudança dos corpos, onde tudo é movido por algo.</p> <p>2. Gravidade, massa, velocidade, aceleração. Movimento de queda livre.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis, porque tem mais massa.</li> <li>• A folha amassada cairá primeiro, porque não a passagem de ar e a massa aumenta.</li> </ul> <p>4. Sua velocidade e massa aumenta, pois o ar não interfere na queda.</p>
<p>E5: 1. Tudo que existe e é movido por alguma coisa, para lado e para baixo e para cima.</p> <p>2. Gravidade, massa, velocidade, aceleração o movimento de queda para o solo.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis pois tem mais massa.</li> <li>• A folha amassada cai antes pois não tem passagem de ar, e a massa aumentou.</li> </ul> <p>4. Porque, não tem muita passagem de ar, e é mais pesado e a velocidade aumenta.</p>
<p>E6: 1. Movimento é a mudança de algo.</p> <p>2. A massa e corpo e a força da gravidade.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis, pois a massa dele é maior, e isso torna ele mais rápido.</li> <li>• A amassada chegou primeiro, porque concentrou a massa tornando ela mais rápida.</li> </ul> <p>4. Eu concordo que corpos mais pesados chegam primeiro, porque a gravidade atrai eles.</p>
<p>E7: 1. Movimento dos corpos é diretamente a força exercida e inversamente proporcional a resistência.</p> <p>2. A gravidade está presente neste momento.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A folha chega antes ao solo.</li> <li>• A folha amassada chega primeiro que uma na horizontal, por causa que a folha amassada é mais pesada do que a outra.</li> </ul>

<p>4. A gravidade ajuda um pouco com isso por que o corpo mais pesado vai cair primeiro por que tem mais massa que o corpo mais leve.</p>
<p>E8: 1. Tudo se movimenta quando aplicamos uma força sobre.</p> <p>2. Corrente de ar.</p> <p>3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O lápis pois ele corta a corrente de ar.</li> <li>• O mesmo com o lápis, a folha amassada vais cair mais rápido pois modificamos a estrutura.</li> </ul> <p>4. Sim, objetos mais leves tendem a descer mais devagar, pois a corrente de ar, não será quebrada como um objeto pesado.</p>

Percebe-se através das respostas dadas pelos estudantes, que houve uma dificuldade para eles responderem estas questões. Na questão número 1 eles usaram o texto lido como referência, tendo dito que o movimento é determinado por algo, que para alguns pode ser uma força, para outros a gravidade e a resistência do ar influenciam no movimento. Na questão 2, os estudantes não descreveram como ocorre o movimento apenas se restringiram a dizer quais fatores o influenciam, encontramos a gravidade como uma das principais respostas, muitos também alegam a resistência do ar e a massa. No caso da questão 3 mesmo os estudantes realizando a atividade de soltar os objetos (folha de papel e lápis) percebemos que muitos dizem que a folha de papel quando amassada ganhou massa, por isso justificava o fato de cair ao mesmo tempo que o lápis, acredita – se neste caso que há uma lacuna no conceito de massa que estes estudantes trazem. A professora mediu à situação após as questões já terem sido entregues questionando sobre o fato que ao amassar uma folha ela ainda é a mesma, a sua forma mudou, mas não houve ganho de massa. Na questão 4 vemos que a visão Aristotélica é mais presente, pois mesmo os estudantes comprovando que a folha de papel amassada e o lápis chegam ao mesmo tempo no chão, eles ainda afirmaram em suas respostas que corpos mais pesados chegam antes e podemos observar nas respostas que muitos justificam este fato em virtude da gravidade.

Para continuar a reflexão sobre as concepções históricas os estudantes receberam na sequência um texto que se referia a Galileu (Anexo A), neste citamos o momento em que Galileu observou um lustre oscilar no teto na catedral de Pisa verificando que o intervalo de oscilação era sempre o mesmo independente da amplitude do movimento. Faz-se também um comparativo entre as ideias antigas e as

ideias de Galileu sobre o movimento no experimento onde ao subir na Torre de Pisa, deixa cair dois objetos com pesos diferentes, e se observa que ambos caem ao mesmo tempo no solo o que contradiz as ideias de Aristóteles. Após a leitura do texto os estudantes se reuniram em grupos de até três pessoas, com acesso à internet, para responder as seguintes questões.

#### Quadro 4: Questões entregues aos grupos de estudantes

1. Observe que os textos 1e 2 trazem brevemente as concepções de Aristóteles e Galileu sobre o movimento. Descreva quais são as principais diferenças entre as concepções de movimento entre eles?
2. Que tipo de observação e medida Galileu realizou na Catedral? Qual o resultado?
3. Uma pedra e uma bolinha de papel caem em tempos diferentes? Explique.
4. Galileu é conhecido por desenvolver o método científico. Explique a sua importância para o desenvolvimento da física.

Após as reflexões feitas nas atividades anteriores, espera-se que os estudantes utilizem as ideias apresentadas nos dois textos para poder responder às questões acima.

O uso de questões de interpretação de textos visa romper a ideia que o ensino de ciências já está pronto e acabado propondo ao estudante questionar sobre o senso comum, adquirir conhecimentos teóricos. A necessidade de organizar o ensino de física, já vem apontado nos PCNEM buscando “que o indivíduo consiga interpretar fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza” (BRASIL, 2000, p.22). A leitura e interpretação de textos são fundamentais para o aprimoramento das atividades desenvolvidas em sala de aula, sua utilização na formação do estudante colabora para a reflexão, entender melhor os conceitos científicos e pode motivá-lo para a leitura de outros textos relacionados ao tema.

#### Quadro 5: Respostas dadas pelos estudantes

- G<sub>1</sub>: 1. Aristóteles: a massa de um corpo intervêm no seu movimento de queda. Galileu: a resistência do ar e a gravidade intervêm no movimento de queda.
2. Ele observou que o intervalo de oscilação do pendulo era sempre o mesmo não importava a amplitude do movimento, ele mediu isso através de seus batimentos.
  3. Por que a pedra vence a resistência do ar com mais efetividade, embora a diferença não seja grande, ou até nula.

<p>4. Sem o método científico não poderíamos afirmar que uma resposta é verdadeira, pois o método científico traz a observação, pesquisa, formulação de hipóteses, questionamento, experimentação, conclusão e divulgação, e somente através deles podemos afirmar que uma resposta é verdadeira ou falsa, mas a ciência traz respostas efêmeras e podem mudar.</p>
<p>G<sub>2</sub>: 1. Galileu foi o homem que descobriu que a velocidade da queda livre não depende da massa do corpo em queda. Aristóteles acreditava que o movimento dos corpos era diretamente proporcional a força exercida e inversamente proporcional.</p> <p>2. Usando uma pedra suspensa em uma corda e medindo o período de balanço contando o dele, o período permaneceu sempre o mesmo.</p> <p>3. Porque a pedra é mais pesada do que o papel, a pedra tem mais massa do que o papel.</p> <p>4. Contudo a principal contribuição de Galileu foi para o método científico, pois a ciência assentava numa metodologia aristotélica.</p>
<p>G<sub>3</sub>: 1. Aristóteles acreditava que a massa interveria na queda do corpo, já Galileu acreditava na queda da resistência do ar (gravidade).</p> <p>2. Galileu utilizou pedras de tamanhos diferentes pesos e cordas de diferentes comprimentos, ele comprovou que a massa não interfere na queda de um corpo.</p> <p>3. Por causa da massa, a pedra tem mais peso que a bolinha de papel.</p> <p>4. Foi quem descobriu a lei dos corpos. Ele desenvolveu a balança hidrostática, relógio de pendulo, etc.</p>
<p>G<sub>4</sub>: 1. Para Aristóteles quando duas coisas no chão a mais pesada chegaria ao solo primeiro e para Galileu não importaria o peso do objeto, a massa, os dois caem juntos, ao mesmo tempo.</p> <p>2. Observou um lustre que oscilava no teto, o intervalo de oscilação era sempre o mesmo não importava a amplitude do movimento.</p> <p>3. Depende a que ocupar mais lugar no espaço cairá primeiro.</p> <p>4. Galileu foi quem descobriu a lei dos corpos entendendo o movimento desses, e é considerado um dos fundadores do método experimental e da ciência moderna. Foi o primeiro a contestar o único que até então havia feito descobertas sobre a física.</p>

Na tarefa proposta os estudantes em grupos deveriam refletir as questões a partir da leitura dos textos 1 e 2, percebeu-se que grande parte teve dificuldade em sintetizar de forma clara e coerente as ideias principais. Este fato pode ser justificado pelo pouco hábito da leitura e escrita dos estudantes. Ao analisar as respostas percebe-se que os estudantes fizeram um resumo do que estava contido no texto, não

houve uma interpretação, se limitaram a transcrever apenas as ideias abordadas. De forma semelhante na questão 4 onde os estudantes puderam usar a internet, os grupos se limitaram a copiar as informações obtidas na pesquisa.

Para o fechamento foi realizado um debate para expor as respostas, com o objetivo de observar quais foram os conhecimentos internalizados e quais são os pontos em que ainda existem lacunas.

Encontro 2: Pretende-se neste encontro aguçar a curiosidade do estudante em relação à realização do experimento, bem como estudar concepções históricas sobre o movimento em um plano inclinado. A atividade inicial será fazer uma demonstração do experimento do plano inclinado (Figura 9), porém o professor não dará nenhuma explicação sobre o que ocorre com a esfera ao longo da descida. Assim poderemos observar quais são as concepções prévias dos estudantes sobre este movimento.

Figura 9: Representação do Plano Inclinado



Após fazer a esfera descer no plano foi entregue para os estudantes algumas questões que foram resolvidas de forma individual, para ser possível observar o que cada estudante pensa sobre este movimento.

Quadro 6: Questões entregues para estudantes

1. Você acredita que a bola realizou a trajetória sempre com a mesma velocidade? O que aconteceu no decorrer da descida?
2. O que significa descrever um movimento?
3. Explique, com suas palavras, o que é velocidade?
4. Houve aceleração ao longo da descida? Explique.
5. Escreva brevemente o que você conhece a respeito de Galileu Galilei.

Refletir sobre o que já se sabe é um aspecto relevante para a construção de um novo conhecimento por meio da reconfiguração das estruturas mentais existentes ou da elaboração de outras novas (Ausubel,1980). Quando o estudante reflete sobre um novo conceito, este ganha significado e se torna mais complexo.

Abaixo algumas respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 7: Respostas dadas pelos estudantes

<p>E1: 1. Creio que ao final da descida a bolinha tenha ganho velocidade, por ter pego embalo.</p> <p>2. Um corpo em repouso a partir da influência interna ou externa entra em movimento.</p> <p>3. Velocidade é a deriva de um corpo em movimento.</p> <p>4. Houve, depois de pegar embalo ou a gravidade atingir ela desce mais rápido.</p> <p>5. Galileu defendia que a Terra girava ao redor do Sol.</p>
<p>E2: 1. Não porque na descida a bola pega velocidade a cada metro que ele percorre.</p> <p>2. É quando um corpo sai do estado de repouso e é impulsionado.</p> <p>3. É o espaço que um corpo corre em um determinado tempo.</p> <p>4. Sim, porque na descida o corpo é impulsionado pelo seu próprio peso.</p> <p>5. É um filósofo.</p>
<p>E3: 1. Sim, porque quando a bolinha é solta e pega o embalo ela desce em uma velocidade só.</p> <p>2. Variar a posição de algo, efeito de mover algo, fazer com que algo deixe seu lugar que estava e ocupa outro.</p> <p>3. Movimento rápido, tempo que se leva para percorrer determinado espaço.</p> <p>4. Houve porque a rampa está inclinada e fez com que a bolinha acelerasse.</p> <p>5. Afirmou que se cair dois pesos ao mesmo tempo, um leve e um pesado, os dois vão atingir o chão ao mesmo tempo.</p>
<p>E4: 1. Não, pois sua velocidade começou a aumentar.</p> <p>2. Dependendo do caso o movimento pode ser movido por alguém ou por algo.</p> <p>3. Velocidade também é movida pelo movimento, por exemplo, de um carro de 0 km até um outro limite.</p> <p>4. Sim, pois começou a descer mais rápido que o normal.</p> <p>5. Galileu afirmava que o Sol era o centro do universo e foi condenado era filósofo, matemático, médico, físico...</p>
<p>E5: 1. Não, o atrito e o impulso colocado sobre a bolinha de gude sempre serão deferentes.</p> <p>2. Movimento é a ação de uma força sobre um corpo que faz o corpo se mover a determinada velocidade.</p>

3. Velocidade é ação de se mover, é o que mede o movimento de determinado corpo e é causada por uma força exterior.
4. Sim, enquanto a bolinha descia a velocidade aumentava devido à gravidade e diminuía devido ao atrito.
5. Ele desenvolveu o modelo Heliocêntrico e foi perseguido pela igreja devido a isso.

- É6: 1. Não, pois a bola pegou impulso e sua velocidade aumentou, e o atrito do objeto com a madeira influenciou no trajeto.
2. É a capacidade de um corpo adquirir movimento a partir do impulso ou ajuda.
  3. É a capacidade de um corpo adquirir aceleração com base no atrito.
  4. Sim, pois ouve influência da altura e impulso.
  5. Galileu defendia a teoria do Heliocentrismo, era um físico, matemático e filosofo.

Nestas questões os estudantes as responderam de forma mais aberta, não usaram as informações que foram vistas em textos. Assim, nota-se que as respostas foram dadas de acordo com o que observaram na descrição do movimento, muitos ainda atribuíram o movimento a uma força ou à gravidade e isso são concepções que eles trazem consigo, pois estes conceitos ainda não foram trabalhados em aulas de física.

Na questão de número 5 muitos estudantes alegaram não conhecer nada sobre Galileu, outros, como vemos nas respostas acima, já ouviram falar de Galileu e sua batalha com a igreja.

Com a resolução das questões foi entregue um texto retirado do livro *Duas novas Ciências*, escrito por Galileu (Anexo A). Usamos a parte onde é apresentado o diálogo entre os personagens Simplicio, simpatizante de Aristóteles, Sagredo, ávido por novos conhecimentos e Salviati, porta-voz de Galileu. Este diálogo diz respeito ao experimento do plano inclinado, onde é descrito como este foi realizado.

No livro *Duas novas ciências*, Galileu sintetiza sua pesquisa sobre o movimento dos corpos, dando uma definição formal para o movimento uniformemente variado. Ele utiliza demonstrações, teoremas e corolários usando argumentos matemáticos e geométricos para comprovar suas proposições.

Com a leitura do texto temos por objetivo que os estudantes tenham contato com uma linguagem mais formal de conhecimentos científicos e possam argumentar como poderíamos desenvolver este experimento com as informações encontradas ao longo da leitura.

Perguntamos aos estudantes qual era a opinião deles sobre o experimento do plano inclinado, o qual foi desenvolvido por Galilei, e se seria possível realizá-lo?

Inicialmente esta atividade era para ser feita em uma folha e entregue, porém devido a atrasos ocorridos nesta aula isso não foi possível de se fazer. Então apenas realizamos a leitura em grupo, e conversamos sobre qual seria a opinião deles, muitos não se manifestaram, outros responderam que seria possível realizar o experimento em um laboratório com materiais específicos para poder fazer as medidas que Galileu fez com precisão, caso contrário não se chegaria às mesmas conclusões. Mas notou-se em um grupo de estudantes um grande entusiasmo em poder tentar entender qual seria o propósito de se realizar esta experiência, em que direção sua realização os levaria e quais seriam as conclusões que estávamos buscando.

Encontro 3: Espera-se neste encontro observar o movimento no plano inclinado, calcular o valor da velocidade da esfera ao longo da descida no plano. Constatar que o movimento é uniformemente variado e desenvolver o conceito de aceleração constante.

Através de estudos históricos vimos que Galileu queria descobrir a lei que governa o movimento acelerado, mas estudar a queda livre era inviável, pois está se dava de maneira muito rápida. Para contornar essa dificuldade, ele usou um plano inclinado que, de certa forma, atenuava a aceleração do corpo. Galileu teria repetido este experimento inúmeras vezes, num procedimento compatível ao método científico tentando eliminar possíveis erros associados aos processos de medições. Por meio do experimento do plano inclinado, Galileu foi capaz de medir a distância percorrida na medida em que a bola rolava continuamente pela inclinação, entre posições demarcadas por cliques, tomar essas diferenças e calcular a velocidade média entre os cliques sucessivos. Ele descreve este experimento utilizando um plano com cerca de 12 braças (7 m aproximadamente), inclinado, onde deixa rolar uma esfera de bronze. Para efetuar as medidas de tempo ele utilizou um relógio d'água, e dividiu o plano em partes que aumentavam nas razões de 1, 3, 5 e 7. Por exemplo, no primeiro intervalo percorria 1 (uma unidade de comprimento), entre o primeiro e o segundo intervalo percorria mais 3, entre o segundo e o terceiro intervalo mais 5 e assim por diante. Logo, a distância total percorrida era proporcional ao quadrado do número de intervalos. Exemplo, após 3 intervalos percorreu-se  $1+3+5=9=3^2$ . Galileu observou

que isso valia para qualquer inclinação e, portanto, pode ser extrapolado para a queda livre.<sup>2</sup>

Este experimento foi considerado um dos dez experimentos científicos mais belos de todos os tempos, segundo uma pesquisa realizada pela revista Phiscs Word, em setembro de 2002.

Assim com o uso de um equipamento construído com matérias de baixo custo os estudantes poderão efetuar as medidas de tempo, calcular a velocidade em que a esfera desce pelo plano inclinado. O equipamento utilizado no experimento não foi construído pelos estudantes em virtude do tempo que tínhamos disponível na organização da escola, mas é possível de ser construído com eles caso o professor desejar fazer como uma tarefa extraclasse.

Inicialmente foi explicado como os estudantes deveriam usar o material e fazer as devidas anotações no roteiro que entregamos a cada grupo. Notou-se a princípio grande dificuldade em usar o cronômetro e marcar o tempo com maior precisão da esfera ao longo da descida no plano inclinado, e este foi um aspecto destacado no roteiro. Optamos em usar a inclinação de 15° graus em todos os grupos para que os grupos pudessem anotar e comparar as diferenças existentes nas medidas entre os grupos.

Quadro 8: Medidas encontradas pelos estudantes no experimento

G<sub>3</sub>:

Posição 1 no plano inclinado.		
$x_1$ (m)	$t_1$ (s)	$t_1^2$ (s <sup>2</sup> )
0,25	0,61	0,372
0,25	0,62	0,384
	0,65	0,422
0,25	0,58	0,336
0,25	0,60	0,36
Média de $x_1 =$	Media de $t_1$ (s) = 0,612	Media de $t_1^2$ (s <sup>2</sup> ) = 0,375

<sup>2</sup>No livro Theoretical Concepts in Physics de Gravity de Molcoln Longair (2003) é possível encontrar uma descrição do experimento realizado por Galileu seguido de uma explicação ilustrada de como ele chegou a essas conclusões.

## Posição 2 no plano inclinado.

$x_2$ (m)	$t_2$ (s)	$t_2^2$ (s <sup>2</sup> )
0,50	0,83	0,688
0,50	0,82	0,774
0,50	0,81	0,656
0,50	0,78	0,608
0,50	0,82	0,672
Média de $x_2 =$	Média de $t_2$ (s) = 0,824	Média de $t_2^2$ (s <sup>2</sup> ) = 0,680

## Posição 3 no plano inclinado.

$x_3$ (m)	$t_3$ (s)	$t_3^2$ (s <sup>2</sup> )
0,75	1,07	1,144
0,75	1,12	1,254
0,75	1,09	1,188
0,75	1,10	1,210
0,75	1,08	1,166
Média de $x_3 =$	Média de $t_3$ (s) = 1,092	Média de $t_3^2$ (s <sup>2</sup> ) = 1,192

## Posição 4 no plano inclinado.

$x_4$ (m)	$t_4$ (s)	$t_4^2$ (s <sup>2</sup> )
1,00	1,29	1,664
1,00	1,31	1,716
1,00	1,28	1,638
1,00	1,30	1,69
1,00	1,32	1,742
Média de	Média de	Média de

$x_4 =$	$t_4$ (s) = 1,30	$t_4^2$ (s <sup>2</sup> ) = 1,690
---------	------------------	-----------------------------------

## Posição 5 no plano inclinado.

$x_5$ (m)	$t_5$ (s)	$t_5^2$ (s <sup>2</sup> )
1,25	1,46	2,131
1,25	1,46	2,131
1,25	1,47	2,160
1,25	1,51	2,280
1,25	1,50	2,250
Média de $x_5 =$	Média de $t_5$ (s) = 1,48	Média de $t_5^2$ (s <sup>2</sup> ) = 2,190

✓ Anote os tempos médios e distâncias na tabela abaixo:

Tempo médio (em segundos)	Distância percorrida (em metros)
$t_m$	$x$
0	0
0,612	0,25
0,824	0,50
1,032	0,75
1,30	1
1,48	1,25

G1:

Posição 1 no plano inclinado.

$x_1$ (m)	$t_1$ (s)	$t_1^2$ (s <sup>2</sup> )
0,25 m		
0,61 s	0,61 s	0,3721 s <sup>2</sup>
0,76 s	0,76 s	0,5776 s <sup>2</sup>
0,63 s	0,63 s	0,3969 s <sup>2</sup>

0,54 s	0,54 s	0,2916 s <sup>2</sup>
0,50 s	0,50 s	0,25 s <sup>2</sup>
Média de	Média de	Média de
$x_1 = 0,25$ m	$t_1$ (s) = 0,608 s	$t_1^2$ (s <sup>2</sup> ) = 0,3706 s <sup>2</sup>

Posição 2 no plano inclinado.

$x_2$ (m)	$t_2$ (s)	$t_2^2$ (s <sup>2</sup> )
0,50 m		
0,50 m	0,95 s	0,9025 s <sup>2</sup>
0,50 m	0,86 s	0,7396 s <sup>2</sup>
0,50 m	0,96 s	0,9216 s <sup>2</sup>
0,50 m	0,78 s	0,6084 s <sup>2</sup>
0,50 m	0,83 s	0,6889 s <sup>2</sup>
Média de	Média de	Média de
$x_2 = 0,50$ m	$t_2$ (s) = 0,876 s	$t_2^2$ (s <sup>2</sup> ) = 0,7673 s <sup>2</sup>

Posição 3 no plano inclinado.

$x_3$ (m)	$t_3$ (s)	$t_3^2$ (s <sup>2</sup> )
0,75 m		
0,75 m	1,25 s	1,5625 s <sup>2</sup>
0,75 m	1,23 s	1,5129 s <sup>2</sup>
0,75 m	1,36 s	1,8496 s <sup>2</sup>
0,75 m	1,21 s	1,4641 s <sup>2</sup>
0,75 m	1,10 s	1,21 s <sup>2</sup>
Média de	Média de	Média de
$x_3 = 0,75$ m	$t_3$ (s) = 1,23 s	$t_3^2$ (s <sup>2</sup> ) = 1,5129 s <sup>2</sup>

## Posição 4 no plano inclinado.

$x_4$ (m)	$t_4$ (s)	$t_4^2$ (s <sup>2</sup> )
1 m	1,46 s	2,1316 s <sup>2</sup>
1 m	1,50 s	2,25 s <sup>2</sup>
1 m	1,36 s	1,8496 s <sup>2</sup>
1 m	1,33 s	1,7689 s <sup>2</sup>
1 m	1,55 s	2,4025 s <sup>2</sup>
Media de $x_4$	Media de	Media de

$$x_4 = 1 \text{ m} \quad t_4 \text{ (s)} = 1,498 \text{ s} \quad t_4^2 \text{ (s}^2\text{)} = 2,2440 \text{ s}^2$$

## Posição 5 no plano inclinado.

$x_5$ (m)	$t_5$ (s)	$t_5^2$ (s <sup>2</sup> )
1,25 m	1,55 s	2,4025 s <sup>2</sup>
1,25 m	1,40 s	1,96 s <sup>2</sup>
1,25 m	1,45 s	2,1025 s <sup>2</sup>
1,25 m	1,60 s	2,56 s <sup>2</sup>
1,25 m	1,79 s	3,2041 s <sup>2</sup>
Media de $x_5$	Media de	Media de
$x_5 = 1,25 \text{ m}$	$t_5 \text{ (s)} = 1,546 \text{ s}$	$t_5^2 \text{ (s}^2\text{)} = 2,3897 \text{ s}^2$

✓ Anote os tempos médios e distâncias na tabela abaixo:

Tempo médio (em segundos)	Distância percorrida (em metros)
$t_m$	x
0	0
0,608	0,25
0,876	0,50
1,23	0,75
1,498	1,00
1,546	1,25

Figura 10: Estudantes realizando as medidas com o cronômetro e o plano inclinado



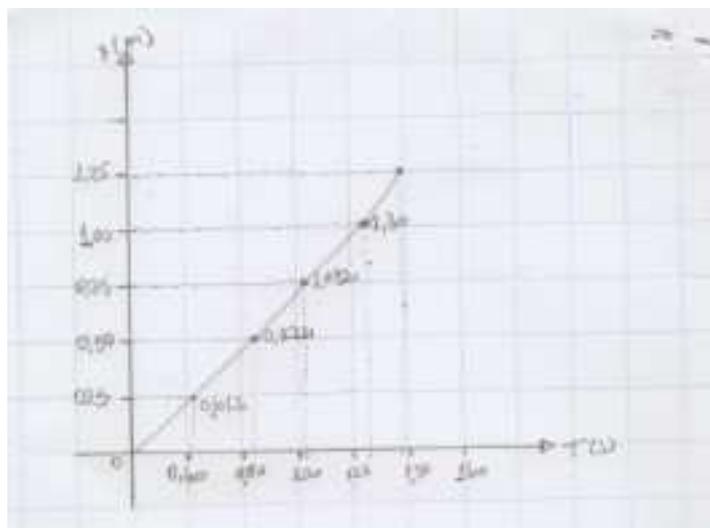
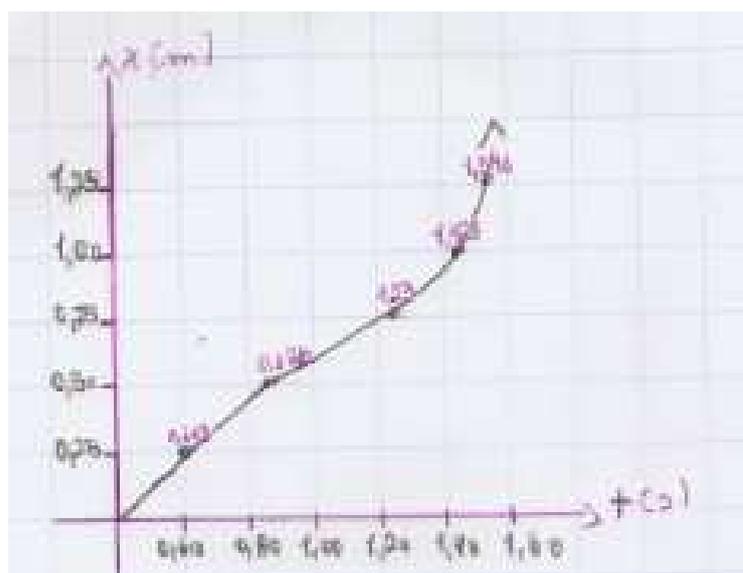
Figura 11: Estudantes desenvolvendo o roteiro



Com a realização das medidas foi construído o gráfico da posição versus o tempo, os estudantes obtiveram cinco pontos para marcar. Esperava-se encontrar uma parábola, já que o movimento da esfera ao descer o plano inclinado é acelerado.

Nesta atividade os estudantes tiveram que voltar e realizar novamente as medidas de tempo com o cronômetro, pois alguns grupos perceberam que existiam erros em suas medidas, feitos os ajustes de medidas eles obtiveram uma parábola como era esperado. Porém alguns estudantes apresentaram mais dificuldades e não conseguiram chegar à parábola.

Quadro 9: Gráficos construídos ao longo do roteiro

G<sub>3</sub>:G<sub>2</sub>:

Ao questionarmos os estudantes sobre o que significava a curva que foi construída, eles responderam G<sub>3</sub> “Parábola: houve um aumento circunstancial de tempo com o aumento da distância”, G<sub>4</sub> “Parábola, quanto maior a distância mais rápido fica”.

Na continuidade da atividade lembrou-se aos estudantes conceitos referentes ao coeficiente angular da reta, ou declividade da reta, mas deve-se observar que encontramos uma parábola, assim vamos considerar o fato de que a distância entre dois pontos em um gráfico forma uma reta. Esse conceito é necessário,

pois os estudantes não terão a fórmula para o cálculo da velocidade entre dois pontos que é comumente utilizada nas aulas de física, será feito o uso do conceito de coeficiente angular para chegarmos ao valor da velocidade. A realização desses cálculos ocorreu sem grandes problemas, apesar da dificuldade de alguns em transpor os dados encontrados para as operações que precisavam ser feitas, mesmo assim eles puderam constatar que o movimento da esfera teve aumento de velocidade. Encontramos também o valor da velocidade entre os pontos 1 ao 5 nas tabelas.

Quadro 10: Cálculo da velocidade realizado pelos estudantes

G<sub>4</sub>:

res:

$$v_1 = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \quad v_1 = \frac{0,25 - 0}{0,338 - 0} \Rightarrow v_1 = \frac{0,25}{0,338} \Rightarrow v_1 = 0,7396$$

$$v_2 = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} \quad v_2 = \frac{0,50 - 0}{0,602 - 0} \Rightarrow v_2 = \frac{0,50}{0,602} \Rightarrow v_2 = 0,8364$$

$$v_3 = \frac{x_3 - x_0}{t_3 - t_0} \quad v_3 = \frac{0,75 - 0}{0,914 - 0} \Rightarrow v_3 = \frac{0,75}{0,914} \Rightarrow v_3 = 0,8205$$

$$v_4 = \frac{x_4 - x_0}{t_4 - t_0} \quad v_4 = \frac{1,00 - 0}{1,118 - 0} \Rightarrow v_4 = \frac{1,00}{1,118} \Rightarrow v_4 = 0,8944$$

$$v_5 = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0} \quad v_5 = \frac{1,25 - 0}{1,292 - 0} \Rightarrow v_5 = \frac{1,25}{1,292} \Rightarrow v_5 = 0,9674$$

G<sub>2</sub>:

res:

$$v_1 = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \quad v_1 = \frac{0,25 - 0}{0,612 - 0} = 0,408$$

$$v_2 = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} \quad v_2 = \frac{0,50 - 0}{0,824 - 0} = 0,606$$

$$v_3 = \frac{x_3 - x_0}{t_3 - t_0} \quad v_3 = \frac{0,75 - 0}{1,092 - 0} = 0,686$$

$$v_4 = \frac{x_4 - x_0}{t_4 - t_0} \quad v_4 = \frac{1,00 - 0}{1,30 - 0} = 0,769$$

$$v_5 = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0} \quad v_5 = \frac{1,25 - 0}{1,48 - 0} = 0,844$$

contrados o que você pode dizer em relação  
a esfera no plano inclinado?

Ao questionarmos os estudantes sobre o que os valores encontrados significam, poucos grupos conseguiram responder, sendo que o G<sub>1</sub> respondeu:

“Significa que a velocidade, que foi encontrada aumenta ao nível que foi colocado mais alto”, G<sub>2</sub> respondeu: “É a média em que a bolita anda neste tempo e distância”.

Tendo em vista a obtenção de um modelo matemático semelhante ao que Galileu encontrou, pedimos para os estudantes no decorrer do roteiro (Anexo A) completar a seguinte tabela:

Quadro 11: Tabela com valores obtidos no experimento

Quadrado dos tempos	Razão entre a distância (posição) e o quadrado do tempo
$t^2$	$x/t^2$

Abaixo os resultados encontrados pelos estudantes.

Quadro 12: Resultados encontrados

G<sub>3</sub>:

Quadrado dos tempos	Razão entre a distância e o quadrado do tempo
$t^2$	$x/t^2$
0,375	0,666
0,680	0,735
1,192	0,628
1,690	0,591
2,190	0,570

G<sub>1</sub>:

Quadrado dos tempos	Razão entre a distância e o quadrado do tempo
$t^2$	$x/t^2$
0,37764	1,51056
0,7782	1,5444
1,51978	2,026373333
2,0488	2,0488
2,40348	1,922784

Em seguida demonstrou-se para os estudantes como Galileu desenvolveu seus cálculos, para isso usamos uma adaptação encontrada no livro de física para ensino médio de Pietrocola et al, 2016 (Anexo A). Isso se faz necessário em virtude da complexidade matemática envolvida na demonstração realizada por Galileu, e esta adaptação traz uma linguagem de fácil acesso aos estudantes.

As atividades práticas, como a que foi desenvolvida no experimento, que questionam e investigam as ideias prévias dos educandos sobre determinados conceitos favorecem a mudança conceitual. Essa quando concebida tornam o estudante um construtor de seu próprio conhecimento, necessitando buscar, reformular e refletir para reestruturar seus conhecimentos, com o auxílio do professor e colegas que contribuem para a construção de conceitos. Essa, atividades marcam os estudantes, pois aprendem de uma maneira lúdica e conseguem fazer relações com o que foi observado e a teoria estruturada.

Encontro 4: Neste encontro tínhamos por objetivo discutir sobre o movimento uniformemente acelerado, analisar as principais dificuldades enfrentadas para a realização do experimento em sala de aula.

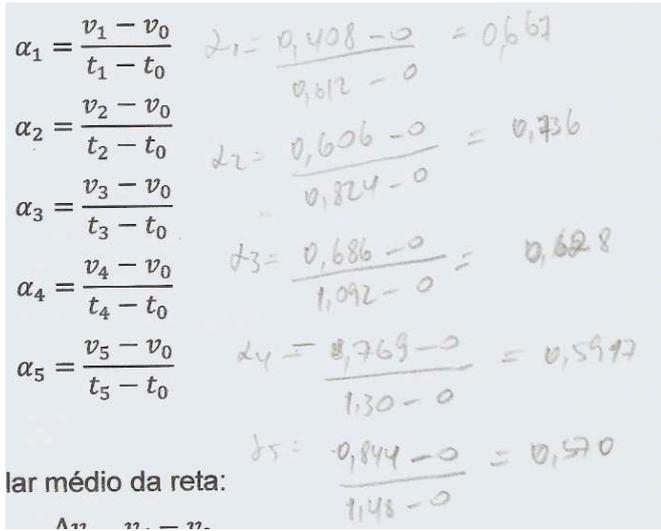
Ao desenvolver o experimento, efetuando as medidas buscando responder o roteiro, os estudantes tiveram a oportunidade de ter contato com procedimentos científicos. Considerando-se que a educação científica nos traz a capacidade de participar e tomar decisões, baseada não apenas na aquisição de conhecimentos científicos, mas no desenvolvimento de habilidades a partir da familiarização com os procedimentos científicos, na resolução de problemas, na utilização de instrumentos e por fim na aplicação em situações reais. Podemos compreender então que,

atividades experimentais são enriquecedoras para o estudante, uma vez que dão sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens, possibilitando autonomia, ensinam técnicas de investigação, obtendo um olhar crítico sobre os resultados (SERÉ, M; G. et al, p.39, 2003)

Sendo assim neste encontro os estudantes deram continuidade ao roteiro que haviam começado a desenvolver no encontro passado, realizando a construção do gráfico: velocidade versus tempo, com os dados já calculados, e também trabalhamos com conceitos de aceleração para cada dois pontos do gráfico, para isso utilizamos as mesmas definições já explicadas de coeficiente angular da reta (considerando que entre dois pontos em um gráfico temos uma reta).

Quadro 13: Resultados encontrados pelos estudantes

G3:



$$\alpha_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} \quad \alpha_1 = \frac{0,408 - 0}{0,612 - 0} = 0,667$$

$$\alpha_2 = \frac{v_2 - v_0}{t_2 - t_0} \quad \alpha_2 = \frac{0,606 - 0}{0,824 - 0} = 0,736$$

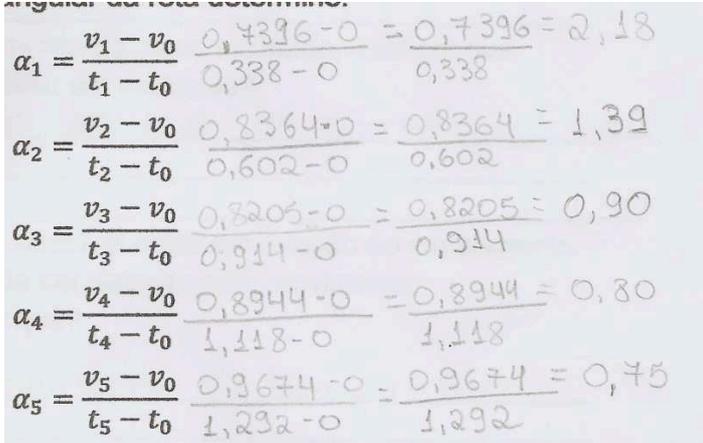
$$\alpha_3 = \frac{v_3 - v_0}{t_3 - t_0} \quad \alpha_3 = \frac{0,686 - 0}{1,092 - 0} = 0,628$$

$$\alpha_4 = \frac{v_4 - v_0}{t_4 - t_0} \quad \alpha_4 = \frac{0,769 - 0}{1,30 - 0} = 0,5917$$

$$\alpha_5 = \frac{v_5 - v_0}{t_5 - t_0} \quad \alpha_5 = \frac{0,844 - 0}{1,148 - 0} = 0,735$$

lar médio da reta:

G1:



$$\alpha_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} \quad \alpha_1 = \frac{0,4396 - 0}{0,338 - 0} = \frac{0,4396}{0,338} = 2,18$$

$$\alpha_2 = \frac{v_2 - v_0}{t_2 - t_0} \quad \alpha_2 = \frac{0,8364 - 0}{0,602 - 0} = \frac{0,8364}{0,602} = 1,39$$

$$\alpha_3 = \frac{v_3 - v_0}{t_3 - t_0} \quad \alpha_3 = \frac{0,8205 - 0}{0,914 - 0} = \frac{0,8205}{0,914} = 0,90$$

$$\alpha_4 = \frac{v_4 - v_0}{t_4 - t_0} \quad \alpha_4 = \frac{0,8944 - 0}{1,118 - 0} = \frac{0,8944}{1,118} = 0,80$$

$$\alpha_5 = \frac{v_5 - v_0}{t_5 - t_0} \quad \alpha_5 = \frac{0,9674 - 0}{1,292 - 0} = \frac{0,9674}{1,292} = 0,75$$

Como podemos observar com os resultados acima, os grupos tiveram um pouco de dificuldade em encontrar o valor da aceleração constante, isso se deve muito ao fato de problemas ao efetuar as medidas de tempo com o uso do cronômetro, mas em geral os valores ficaram próximos o que nos permitiu tirar conclusões a respeito do valor da velocidade. Essas discussões foram válidas no momento que o estudante consegue fazendo as devidas comparações sobre o movimento da esfera ao longo do plano inclinado fazer relações a partir dos resultados obtidos. Quando calculamos a velocidade foi possível concluir que houve aumento em seu valor, e através do cálculo da aceleração ter ficado próximo, podemos dizer que houve conservação na aceleração, desta forma o movimento observado é uniformemente acelerado.

Em relação ao uso de uma esfera de dimensões diferentes da primeira, poucos grupos puderam realizar a experiência, porém os grupos que as fizeram constataram que não havia grandes mudanças no tempo de descida da esfera, comprovando o que tínhamos estudado inicialmente que a massa não interfere no movimento de queda ao longo de um plano inclinado. Também realizamos o experimento com apenas uma inclinação em virtude do tempo, pois como sabemos hoje temos nas escolas da rede estadual apenas duas aulas semanais e no período noturno, onde foi realizada a aplicação desta sequência, as aulas são de 40 minutos. Em virtude desses pequenos problemas enfrentados usamos apenas uma inclinação, mas caso o professor que queira aplicar esta atividade com outros grupos deseje, fazê-lo usando o recurso onde os estudantes realizem parte do experimento de forma extraclasse.

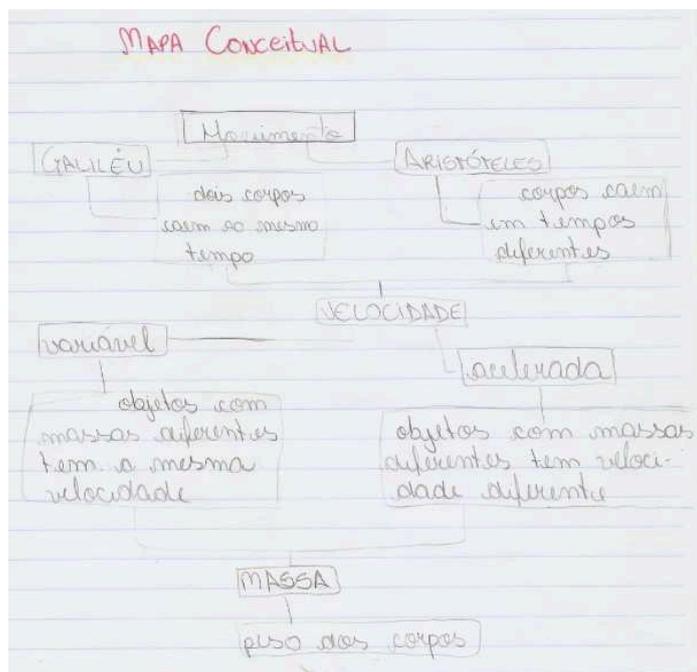
Encontro 5: A avaliação em forma de mapa conceitual tem como principal ideia avaliar o que o estudante sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura os conceitos estudados.

Mapas conceituais são diagramas que buscam evidenciar as relações entre conceitos que foram pensados à luz da teoria de Ausubel para expor relações entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos. Podem ser usados para ensinar, aprender e avaliar. Acredita-se que uma das razões para os mapas conceituais serem eficazes neste processo, é que eles auxiliam na organização e estruturação dos conhecimentos cognitivos do aprendiz.

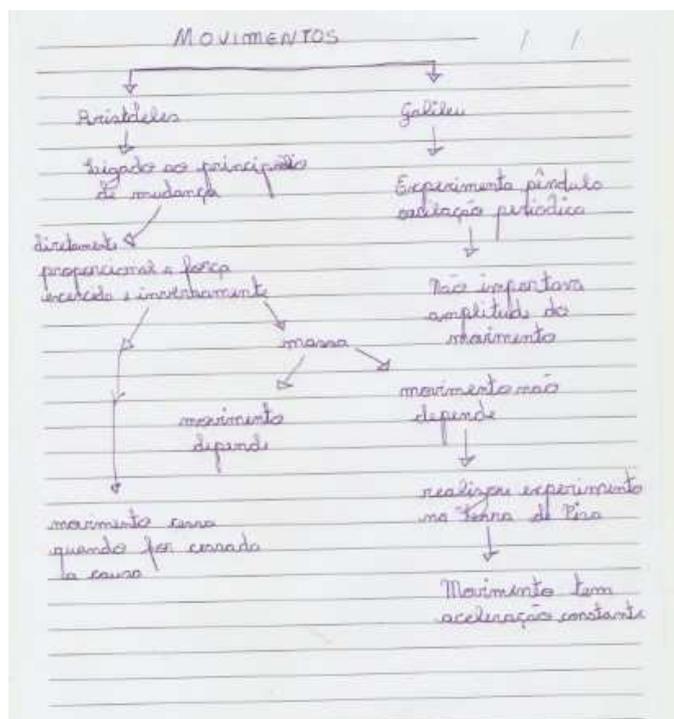
Destacamos que a construção de mapas conceituais são uma forma de promover no estudante um desenvolvimento global dos conceitos estudados. No quadro 14, mostramos alguns mapas conceituais construídos pelos estudantes.

Quadro 14: Mapas Conceituais

E12:



E15:



Neste encontro também pedimos aos estudantes para responderem um questionário (Anexo A) avaliativo sobre a proposta que foi apresentada a eles. Para a sua realização foi preciso estender um pouco este encontro ultrapassando o tempo da aula em 30 minutos.

No questionário de avaliação da atividade, onde estavam presentes 26 estudantes, perguntamos a eles se já haviam participado de atividades experimentais e obtivemos que 86% responderam sim que já participaram e 14% que não participaram, mas essas atividades muitas vezes foram de observação sem ter a oportunidade da participação ativa durante o experimento.

Ao perguntarmos sobre se gostaram pouco, muito ou se não gostaram da atividade 55% afirmaram que gostaram pouco. Já observando a justificativa que se encontrava na questão 3 os estudantes responderam que gostaram pouco em virtude da quantidade de cálculos existentes no roteiro e da necessidade de construir gráficos. Ainda nesta questão, 41,5% que gostaram muito justificam na questão 3 que com a realização das atividades e do experimento aprenderam coisas novas, de acordo com um estudante que respondeu “Poder entender as questões conforme se fazia a pratica”, ou seja a interação com os conceitos através da leitura de texto e do desenvolvimento de atividades práticas corroboraram para a aprendizagem significativa.

Em relação à questão 4 obtivemos nas respostas dadas pelos estudantes que conhecer a história da ciência, para a grande maioria das respostas, ajudou a compreender o propósito da realização do experimento, deixando as aulas mais interessantes. Muitos alegam possuir muita dificuldade em aprender física e a atividade colaborou para que entendessem os conceitos estudados.

Na questão 5 pode-se dizer que cerca de 80 % dos estudantes acreditam que atividades onde eles podem ser mais participativos facilita a aprendizagem em relação a atividades onde o professor simplesmente passa a matéria no quadro e eles escutam para depois responderem uma série de exercícios.

Na questão 6 ao serem questionados sobre a velocidade de queda de um objeto na superfície da Terra, cerca de 40% dos estudantes responderam que a velocidade vai aumentar com a variação do tempo e que ela não depende da massa do objeto, para 35% dos estudantes fatores como a gravidade e a resistência do ar influenciam no valor da velocidade e os demais cerca de 25% ainda acreditavam que a velocidade é constante e que dependo o peso do objeto.

Notamos que esses percentuais de estudantes se repetem nas questões 8 e 9. Para esse grupo de estudantes houve uma dificuldade em agregar um novo conhecimento as suas concepções prévias. Isso se deve em parte ao fato de a maioria das aulas de física os estudantes responderem de forma mecânica e no momento em

que necessitam formular uma resposta baseada no que aprenderam não conseguem fazer, copiando partes do texto ou se firmando em suas concepções. Porém para um número relativo de estudantes houve aprendizado.

Na questão 10 os estudantes descreveram o movimento uniformemente acelerado por aquele que possui aceleração constante, não apresentaram dificuldades em fazer essa definição, e neste caso o cálculo que era perguntado, e na questão 11 foi realizado pela maioria dos estudantes não havendo problemas em construir o gráfico com os dados que foram fornecidos na tabela, porém apresentaram dificuldades em analisar o que estavam observando no gráfico.

## 5.2 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – LEI DE HOOKE

Encontro 1: Neste primeiro encontro foi exposto aos estudantes da 1ª série 101 do turno matutino da escola EEB Saad Antônio Sarquis, como a proposta iria ser trabalhada nas aulas de física. Temos como objetivo neste encontro investigar quais são os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da força elástica, e a partir disso começar a introduzir os aspectos históricos relevantes neste conceito. A professora apresentou duas imagens no Power-Point, sendo a primeira uma pessoa pulando em um Bungee jumping e a segunda um homem usando um arco e flecha. Após a observação das imagens os estudantes deveriam responder a um questionário de forma individual e posteriormente discutir suas respostas com os colegas.

### Quadro 15: Questões entregues para os estudantes

1. Você seria capaz de observar alguma relação entre as duas imagens apresentadas? Qual?
2. O que permite a pessoa ao se lançar de Bungee jumping não sofrer nenhuma lesão?
3. Existe alguma força atuando no lançamento da flecha? Que força você acredita ser?
4. O que você pode dizer sobre as palavras: distensão, flexão, compressão. Explique usando seus conhecimentos.

Através dessas questões espera-se observar quais são os conhecimentos que os estudantes possuem sobre os conceitos que serão abordados nesta sequência.

Quadro 16: Respostas dadas pelos estudantes

<p>E<sub>3</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sim, ambas ao executar o movimento a corda se estica e depois contrai.</li> <li>2. Como a corda é elástica, quando a pessoa chega lá em baixo a corda impulsiona para cima, amortecendo a queda.</li> <li>3. Toda a ação gera uma reação, ao puxar a flecha, a corda estica, quando solta ela retrai ao seu estado natural.</li> <li>4. Distensão:..... ; Flexão: .....; Compressão: quando algo de pressão é comprimido.</li> </ol>
<p>E<sub>1</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bom, uma relação que elas duas apresentam é a elasticidade que possui as cordas.</li> <li>2. Acho que primeiramente seria a corda com toda a sua flexão, deixando a pessoa intacta, sem sofrer a tal lesão.</li> <li>3. Eu acredito ser a força e reação, por motivos da pessoa puxar o elástico causando velocidade na flecha.</li> <li>4. Compressão é quando usamos a força, flexão quando usamos alguma coisa flexível, distensão não lembro.</li> </ol>
<p>E<sub>7</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sim, pois as duas possuem uma força que atua ali.</li> <li>2. Por conta da corda não ser fixa.</li> <li>3. Sim, pois a força humana age no arco disparando a flecha.</li> <li>4. Distensão quando se distende algo ou uma parte do corpo, flexão quando é feito um exercício, compressão quando algo é esmagado.</li> </ol>
<p>E<sub>11</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sim, a corda do bungee jumping e a corda do arco e flecha são específicas para um tipo de força atuar nelas.</li> <li>2. A corda, pelo fato da elasticidade que ela tem.</li> <li>3. Sim, a força que alguém usa para puxar a flecha e esticar a corda.</li> <li>4. Distensão: uma lesão nos músculos (puxada brusca). Flexão: flexionar/esticar algo (ou exercício físico). Compressão: algo comprimido/apertado/prensado.</li> </ol>
<p>E<sub>15</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sim, porque assim no bungee jumping no arco e flecha tem elástico.</li> <li>2. Os equipamentos de segurança e o próprio elástico.</li> <li>3. Sim, acredito que seja a pressão que o arco faz sobre a flecha.</li> <li>4. Compressão: é comprimir. Flexão: é flexibilidade. Distensão: é de se estender, esticar.</li> </ol>
<p>E<sub>20</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sim, as duas tem certa pressão sobre o elástico (corda).</li> <li>2. A corda esticada que a puxa novamente para cima.</li> <li>3. O elástico e a curvatura do arco juntamente com a força do homem.</li> </ol>

4. Distensão: quando uma corda por exemplo, se estica. Flexão: dobramento de algo, exemplo flexão de joelho. Compressão: pressão de algo sobre algo.

E<sub>28</sub>:

1. As duas apresentam objetos que exercem forças seja para desaceleração ou aceleração usando a distensão, flexão e compressão.
2. O elástico utilizado consegue desacelerar a massa vagarosamente até chegar a 0 km/h.
3. Quando esticado o elástico ele sai do seu estado natural e como quer voltar ele exerce uma força contrária lançando a flecha.
4. São os movimentos que, por exemplo, um elástico faz quando esticado, comprimido e flexionado.

E<sub>23</sub>:

1. Sim, no caso da pessoa estar pulando de Bungee Jumping existe uma flexão na corda que é presa na pessoa, e no arco e flecha a pessoa flexiona para trás e solta.
2. O fato de que a corda é flexível, a pessoa se joga e depois volta novamente como se a corda fosse elástica.
3. Acredito ser a flexibilidade dos materiais e da pessoa que a conduz.
4. Distensão seria o ato de distender, ou seja, esticar algo, flexão é o ato de ir e vir, se você esticar algo ela devera voltar, compressão é a ato de apertar espremer algo.

Nota-se que os estudantes conseguiram, na primeira questão, identificar semelhanças nas imagens observadas, como a existência de uma força entre elas, ou que ambas se referem a materiais que possuem elasticidade. Na segunda questão percebe-se que eles atribuem o fato de uma pessoa não sofrer lesões, ao saltar de bungee jumping, à elasticidade da corda, alguns citam os equipamentos de segurança, mas a grande maioria atribui à corda ser flexível desacelerando em determinado momento. Neste aspecto, temos que os estudantes conseguem perceber que o fator elasticidade da corda é um dos aspectos importantes para o saltador não sofrer lesão. Isso mesmo sem ter um conhecimento mais aprofundado da força elástica na corda e que o cabo elástico é formado por um feixe de fios elásticos, por exemplo, o cabo para uma pessoa de 75 kg tem cerca de 6 mil fios, passando por dentro deste uma fita de náilon capaz de garantir a segurança do saltador. Esta fita mais os fios elásticos fazem o cabo aguentar 12 mil quilos (LOPES, Artur I., 2011). Na terceira questão, vemos que alguns estudantes atribuem o fato de a flecha ser lançada à força de ação e reação, outros atribuem o fato à força exercida pelo homem ao esticar o elástico. Não obtemos respostas que nos dizem que existe uma força (energia) devido à deformação ocasionada no elástico, e que esta é transferida para

a flecha no momento do lançamento, mesmo assim os estudantes possuem um breve conhecimento que a partir do ato de esticar o elástico isso impulsionará a flecha. Na questão 4, nosso objetivo era trazer os termos distensão, flexão e compressão para o entendimento do estudante, sabendo em que eles atribuem a essas palavras que serão muito usadas em nosso estudo. Para os estudantes essas palavras muitas vezes são empregadas nas aulas de educação física atribuindo-as às lesões sofridas como distensão muscular, por exemplo. Outros já conseguiram nos trazer ideias de comprimir objetos ou distender cordas e elásticos.

Dando continuidade a atividade foi entregue aos estudantes um texto que faz referência a Robert Hooke, quem foi e quais foram suas contribuições para a ciência. Sabemos que nos livros didáticos pouco se comenta sobre Robert Hooke, geralmente é apenas apresentada a sua lei logo após o professor trabalhar com as leis de Newton. A força elástica é mais detalhada na 1ª do Ensino Médio quando o professor trata com os conceitos de energia. Os estudantes realizaram nesta etapa uma pesquisa em duplas sobre as contribuições de Robert Hooke. Esta foi realizada extraclasse em virtude do pouco acervo bibliográfico na escola e ao acesso à internet não ser tão eficiente quanto se desejasse.

Encontro 2: Neste encontro iremos observar a capacidade que este grupo de estudantes tem em se organizar e construir um equipamento com materiais de baixo custo. Como no momento da aplicação da sequência a pesquisadora não foi a professora titular da turma os materiais para a construção do equipamento foram levados prontos, tendo os estudantes à função de com o uso de um roteiro construir o equipamento que será usado no experimento.

Inicialmente solicitamos que os estudantes trouxessem materiais para esse encontro que possuíssem elasticidade, poucos se lembraram de trazer, mas com os materiais que um grupo trouxe foi possível realizar a atividade. Nos materiais que foram trazidos para a escola, temos borracha de dinheiro, balão de aniversário, elásticos encontrados em roupas. As descrições feitas por eles foram semelhantes às diferenças entre a corda de bungee jumping e o arco e flecha da atividade anterior. Limitaram-se a comentar sobre a elasticidade dos materiais e descrever sua utilidade no dia a dia.

Para a construção do dinamômetro foi necessária a intervenção da professora, pois mesmo tendo todos os materiais disponíveis para sua construção eles tiveram dificuldades, que podemos atribuir ao fato de geralmente ao realizarem atividades

experimentais receberem o material pronto e apenas se preocuparem em manipular o equipamento.

Solicitamos aos estudantes pesquisarem a utilidade do equipamento que tinham acabado de construir, sendo esta atividade realizada extraclasse. Nas pesquisas entregues encontramos respostas como: “é utilizado para medir o peso de um objeto”, “aparelho graduado para medir a força aplicada em um de seus extremos”.

Necessitamos também fazer o estudo do Peso de um corpo já que este é um conceito importante para a atividade seguinte onde temos por objetivo calcular a constante elástica da mola usando o dinamômetro construído.

Encontro 3: Entregamos aos estudantes um roteiro onde nosso objetivo é verificar experimentalmente como encontrar o valor da constante elástica de uma mola, com o uso de um dinamômetro.

Os estudantes deveriam com o uso das massas de 50 gramas, 100 gramas e 150 gramas medirem qual seria a deformação sofrida por três materiais, sendo eles duas molas em espiral de plástico que possuem diâmetros diferentes e uma borracha. Através dos resultados encontrados deveriam construir o gráfico para cada material e verificar o que acontecia, na sequência calcular com o uso do coeficiente angular da reta entre dois pontos no gráfico o valor que mais tarde iremos atribuir à constante de proporcionalidade da mola.

Quadro 17: Roteiros desenvolvidos pelos estudantes

G5:

- Meça, com auxílio do dinamômetro, e utilizando massas diferentes a deformação sofrida pela mola e anote o resultado na tabela abaixo. Repita para as duas molas diferentes e o elástico/borracha. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Mola: *gizão*  
Comprimento natural da mola  $L_0 = 6,5 \text{ cm}$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,49	10	10 - 6
100	0,1	0,98	13	13 - 6 = 7
150	0,15	1,47	16	16 - 6 = 10

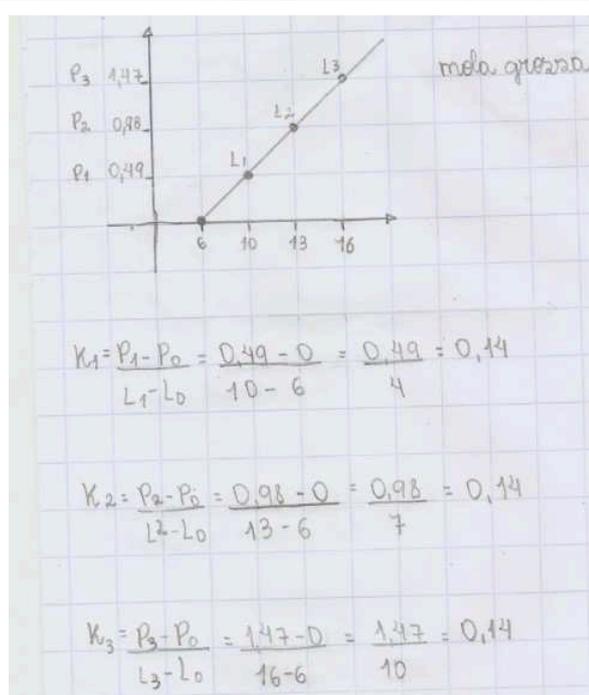
Mola: *fixa*  
Comprimento natural da mola  $L_0 = 9,5 \text{ cm}$

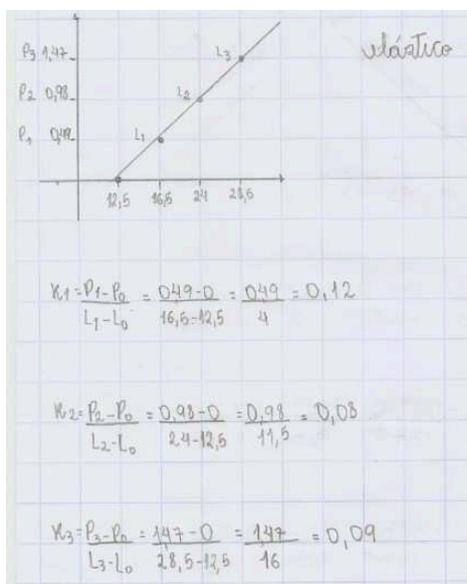
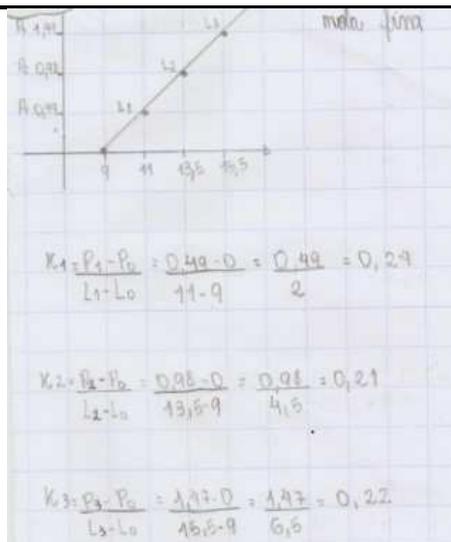
Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,49	11	11 - 9 = 2
100	0,1	0,98	13,5	13,5 - 9 = 4,5
150	0,15	1,47	15,5	15,5 - 9 = 6,5

Borracha  
Comprimento natural da mola  $L_0 = \dots\dots\dots$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,49	16,5	16,5 - 12,5 = 4
100	0,1	0,98	24	24 - 12,5 = 11,5
150	0,15	1,47	28,5	28,5 - 12,5 = 16

- Após a realização das medidas construa um gráfico do Peso versus deformação (usar papel milimetrado) para cada mola. Verifique qual a curva que melhor descreve o conjunto de pontos em cada gráfico.





G2:

- Meça, com auxílio do dinamômetro, e utilizando massas diferentes a deformação sofrida pela mola e anote o resultado na tabela abaixo. Repita para as duas molas diferentes e o elástico/borracha. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Mola: .....  
 Comprimento natural da mola  $L_0 = \dots$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,49	10	10 - 6 = 4
100	0,10	0,98	13	13 - 6 = 7
150	0,15	1,47	16	16 - 6 = 10

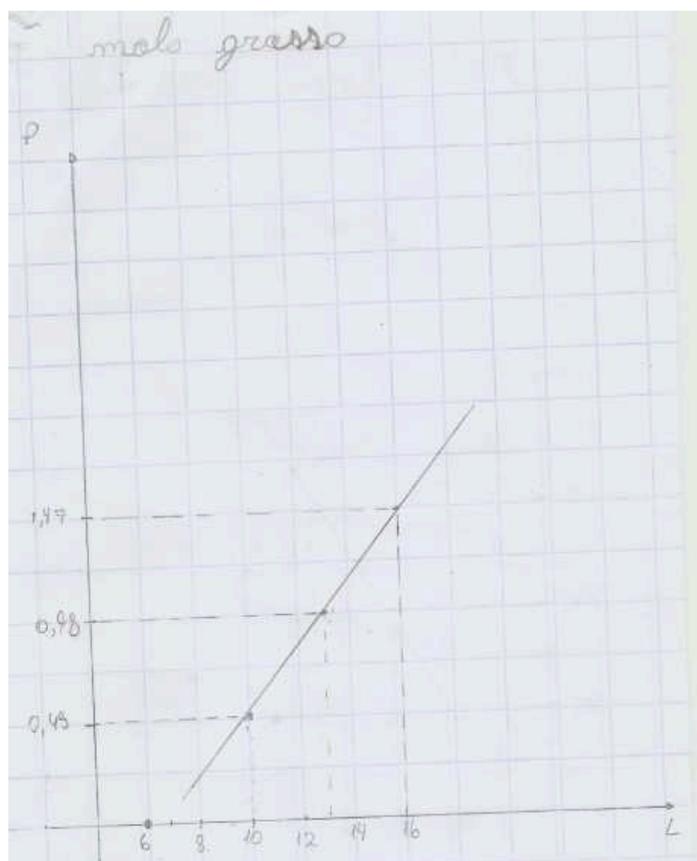
Mola: fina.....  
Comprimento natural da mola  $L_0 = \dots 9 \dots$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,45	9	$9 - 9 = 0$
100	0,10	0,90	12	$12 - 9 = 3$
150	0,15	1,35	13,5	$13,5 - 9 = 4,5$

Borracha  
Comprimento natural da mola  $L_0 = \dots 12 \dots$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50	0,05	0,45	12	$12 - 12 = 0$
100	0,10	0,90	22,5	$22,5 - 12 = 10,5$
150	0,15	1,35	30	$30 - 12 = 18$

- Após a realização das medidas construa um gráfico do Peso versus deformação (usar papel milimetrado) para cada mola. Verifique qual a curva que melhor descreve o conjunto de pontos em cada gráfico.

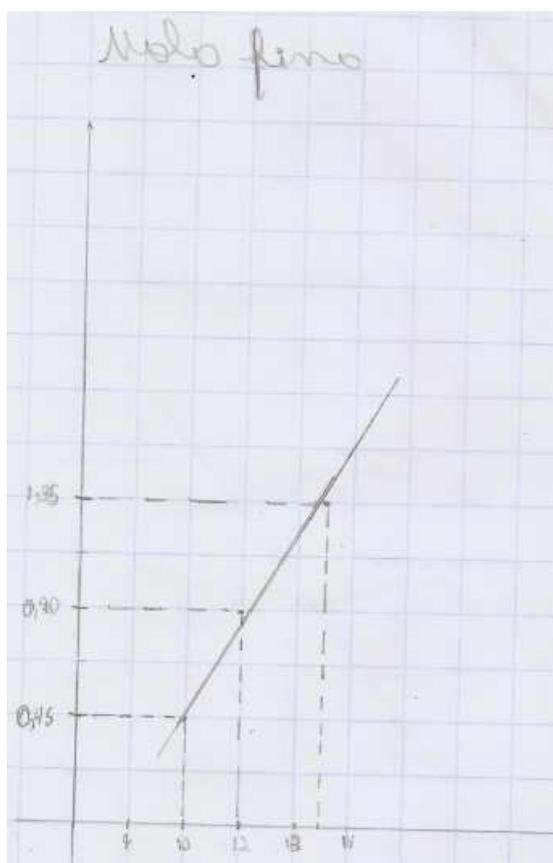


molo grosso:

$$K_1 = \frac{P_1 - P_0}{L_1 - L_0} = \frac{0,49 - 0}{10 - 6} = \frac{0,49}{4} = 0,1225$$

$$K_2 = \frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1} = \frac{0,98 - 0,49}{13 - 10} = \frac{0,49}{3} = 0,1633$$

$$K_3 = \frac{P_3 - P_2}{L_3 - L_2} = \frac{1,47 - 0,98}{16 - 13} = \frac{0,49}{3} = 0,1633$$

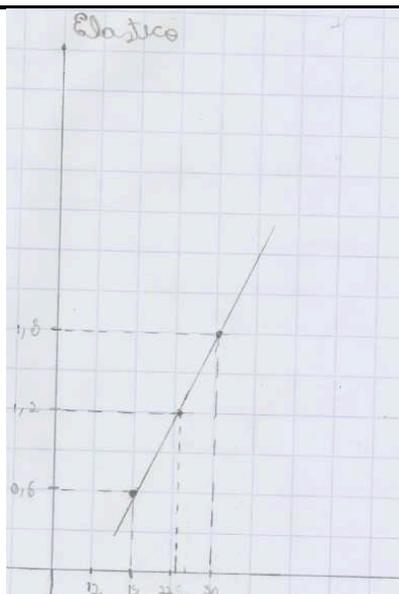


molo fino:

$$K_1 = \frac{P_1 - P_0}{L_1 - L_0} = \frac{0,45 - 0}{10 - 8} = \frac{0,45}{2} = 0,225$$

$$K_2 = \frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1} = \frac{0,90 - 0,45}{12 - 10} = \frac{0,45}{2} = 0,225$$

$$K_3 = \frac{P_3 - P_2}{L_3 - L_2} = \frac{1,35 - 0,90}{13,5 - 12} = \frac{0,45}{1,5} = 0,3$$



Elastico:

$$k_1 = \frac{P_1 - P_0}{L_1 - L_0} = \frac{0,6 - 0}{15 - 0} = \frac{0,6}{15} = 0,2$$

$$k_2 = \frac{P_2 - P_0}{L_2 - L_0} = \frac{1,2 - 0}{22,5 - 0} = \frac{1,2}{22,5} = 0,534$$

$$k_3 = \frac{P_3 - P_0}{L_3 - L_0} = \frac{1,8 - 0}{30 - 0} = \frac{1,8}{30} = 0,5$$

G4:

- Meça, com auxílio do dinamômetro, e utilizando massas diferentes a deformação sofrida pela mola e anote o resultado na tabela abaixo. Repita para as duas molas diferentes e o elástico/borracha. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Mola: *elastica*

Comprimento natural da mola  $L_0 = 6,5 \text{ cm}$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50g	0,05 kg	0,49	10,5 cm	$\Delta L = 10,5 - 6,5 = 4 \text{ cm}$
100g	0,1 kg	0,98	12,5 cm	$\Delta L = 12,5 - 6,5 = 6 \text{ cm}$
150g	0,150 kg	1,47	16,5 cm	$\Delta L = 16,5 - 6,5 = 10 \text{ cm}$

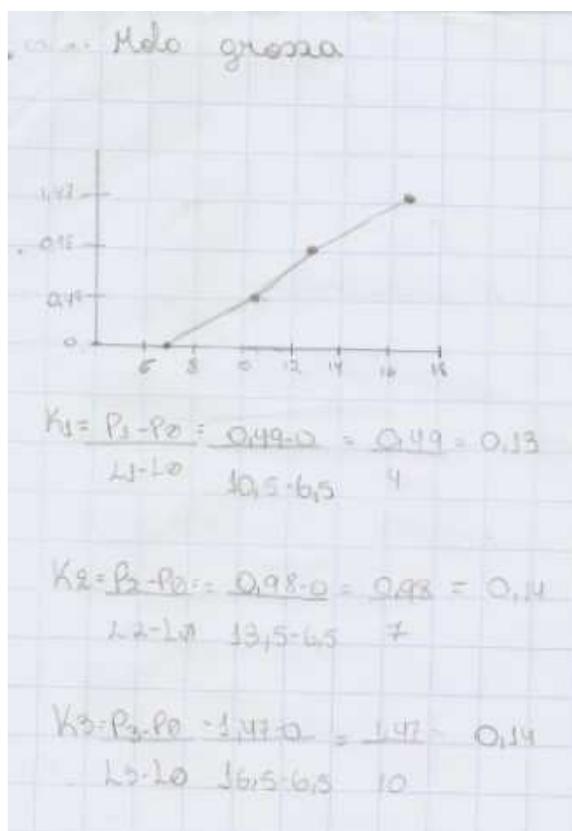
Mola:  $L_0 = 9 \text{ cm}$   
Comprimento natural da mola  $L_0 = 9 \text{ cm}$

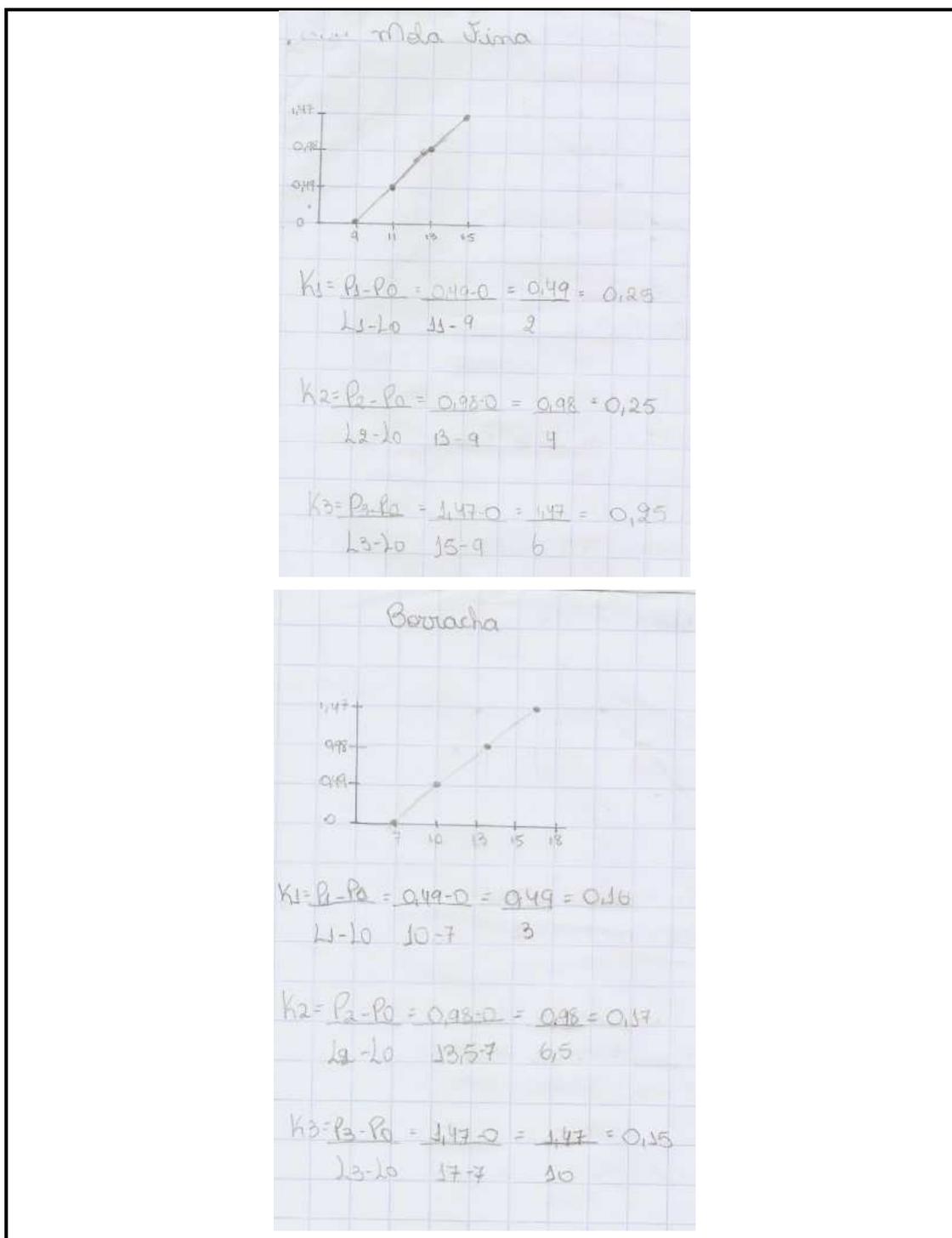
Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50g	0,05kg	0,49	11cm	$\Delta L = 11 - 9 = 2 \text{ cm}$
100g	0,1kg	0,98	12cm	$\Delta L = 12 - 9 = 3 \text{ cm}$
150g	0,15kg	1,47	15cm	$\Delta L = 15 - 9 = 6 \text{ cm}$

Borracha  
Comprimento natural da mola  $L_0 = 7 \text{ cm}$

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação L (cm)	Deformação $\Delta L = L - L_0$ (cm)
50g	0,05kg	0,49	10cm	$\Delta L = 10 - 7 = 3 \text{ cm}$
100g	0,1kg	0,98	13,5cm	$\Delta L = 13,5 - 7 = 6,5 \text{ cm}$
150g	0,15kg	1,47	17cm	$\Delta L = 17 - 7 = 10 \text{ cm}$

- Após a realização das medidas construa um gráfico do Peso versus deformação (usar papel milimetrado) para cada mola. Verifique qual a curva que melhor descreve o conjunto de pontos em cada gráfico.





Para a realização do experimento os estudantes não apresentaram grandes dificuldades, eles conseguiram realizar as medidas com o uso dos três materiais que foram disponibilizados, as molas de dimensões diferentes e o elástico. Pode-se notar nas anotações dessa parcela de grupos que os resultados encontrados são próximos, em alguns casos são iguais, sendo possível assim dizer que estes valores encontrados podem ser atribuídos à constante de cada material utilizado. Na

construção dos gráficos os grupos encontraram uma reta, ao final da atividade foi questionado sobre como essas retas poderiam continuar a crescer e o que isso poderia significar.

Figura 12: Grupos desenvolvendo o experimento com o Dinamômetro



Com as medidas, cálculos e gráficos realizados os grupos precisavam responder a uma série de questões onde iriam tentar compreender o que ocorreu na realização deste experimento.

#### Quadro 18: Questões relacionadas à atividade experimental

1. Após a realização das três medidas, utilizando as três molas, o que você encontrou de comum entre elas no que diz respeito ao comportamento, gráfico, coeficientes lineares e angulares, etc? Justifique.
2. Relate o que ocorreu quando você alterou o peso do material em relação à deformação da mola?
3. Em qual das molas houve maiores deformações? A que fato você acha que isso se deve? Como você relaciona isso com os coeficientes angulares obtidos?
4. Quando você realizou o experimento utilizando a borracha, os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados utilizando as molas? Explique.
5. Através da realização dos cálculos podemos dizer que existe uma relação de proporcionalidade entre a força aplicada (no nosso caso o peso) e a deformação sofrida pela mola? Qual é a constante de proporcionalidade? Explique sua resposta.

6. A força elástica está na mesma direção ou direção oposta à deformação da mola?
7. Escreva a Lei Física que descreve a força elástica.

No quadro abaixo temos as respostas dadas pelos grupos nas questões.

Quadro 19: Respostas dos grupos as questões

<p>G<sub>1</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. As molas se deformam, porém não do mesmo modo.</li> <li>2. A mola esticou.</li> <li>3. Houve mais deformação no elástico, por conta de que o material do elástico é mais fino.</li> <li>4. Os resultados encontrados não foram iguais mas foram parecidos.</li> <li>5. Sim, quando colocamos o peso na mola ela estica (deforma), mas quando está sem peso fica normal (não deforma).</li> <li>6. Está na mesma direção.</li> <li>7. Robert Hooke a deformação da mola aumenta proporcionalmente à força (lei de Hooke).</li> </ol>
<p>G<sub>3</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os três casos tinham retas e os resultados eram praticamente iguais.</li> <li>2. Ela mudou de tamanho, flexiona.</li> <li>3. Elástico, ao peso e flexibilidade, coeficiente do elástico deforma. E quanto menor o coeficiente maior vai ser a deformação.</li> <li>4. Sim, porque os coeficientes foram parecidos.</li> <li>5. Sim, os coeficientes.</li> <li>6. Tá na mesma direção.</li> <li>7. Não respondeu.</li> </ol>
<p>G<sub>5</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ambas sendo flexionadas com o peso, tem números próximos.</li> <li>2. A mola se esticou e ficou maior.</li> <li>3. Foi a mais fina, pois a maior tem uma maior massa, e preciso de um peso a mais para se esticar mais. A fina tem menos massa, e com isso é mais fácil de se flexiona.</li> <li>4. Não, pois a borracha é mais flexível, se estica mais.</li> <li>5. Sim.</li> <li>6. Esta na mesma direção da mola.</li> <li>7. A lei de Hooke.</li> </ol>
<p>G<sub>6</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nenhuma delas é igual no comportamento gráfico e no coeficiente linear e angular.</li> </ol>

2. A mola esticou com o peso.
3. O elástico foi o que mais teve deformação. Porque ela tem mais elasticidade que os outros.
4. Não, porque a borracha tem mais elasticidade que as molas, além de serem de materiais diferentes.
5. Não respondeu.
6. A força elástica esta na direção oposta à deformação da mola.
7. A lei da mola.

Na primeira questão percebe-se que os estudantes tiveram alguma dificuldade em identificar que existem diferenças no comportamento das molas e do elástico usado, sabemos que esta diferença se dá em função da constante que depende da rigidez de cada material. No experimento encontramos o valor dessa constante muito próximo como os estudantes citam nas respostas. Na segunda questão sobre a mudança no valor do peso aplicado sobre as molas os estudantes simplesmente citaram o fato das molas terem esticado. Ao perguntarmos em qual das molas houve maior deformação, a grande maioria dos estudantes respondeu que a maior deformação ocorreu quando usaram no experimento o elástico justificando isso em relação ao material ser mais flexível, alguns observaram que a mola mais fina foi a que teve menor deformação, mas ficaram confusos na hora de explicar dizendo que a massa da mola influenciou, ou o peso do objeto colocado na mola. A questão quatro nos trouxe observações semelhantes que à questão anterior onde se notou que o elástico é mais flexível, em virtude de ser formado com um material diferente. Os valores para os coeficientes dos três materiais ficaram próximos, mas ainda é possível ver que o coeficiente encontrado para o elástico é menor do que os valores encontrados para as molas. Na questão cinco que envolvia os cálculos realizados os estudantes conseguiram notar que havia um valor que podemos chamar de constante para cada material utilizado, mas quando se refere à proporcionalidade ficaram com muitas dúvidas, sendo que mais tarde quando se realizou um debate sobre os resultados encontrados no experimento a professora precisou interferir e explicar que os valores encontrados dizem respeito a uma constante de proporcionalidade que depende da rigidez imposta a cada tipo de material utilizado. A questão seis nos traz a ideia do sinal negativo utilizado na fórmula vetorial, que não foi inicialmente apresentado, apenas questionamos o que pensavam sobre a direção da força em relação à deformação, vemos que a maioria respondeu que elas possuem a mesma

direção, nos mostrando certa confusão na compreensão de conceitos vetoriais. Neste caso a professora também, durante o debate, apresentou para eles a fórmula vetorial que possui um sinal negativo indicando que o vetor força elástica atua no sentido contrário ao do vetor deformação. Na última questão alguns citaram que a lei física que descreve a força elástica é a lei de Hooke, isso pode ser atribuído ao título da sequência aplicada, ou ao fato de termos estudado sobre Robert Hooke. Poucos estudantes colocaram a justificativa que esta lei se refere a um sistema onde a deformação e força aplicada variam de forma proporcional.

A realização do experimento foi válida, pois foi possível ver o envolvimento desta turma, e empenho em responder o roteiro. Ele nos permitiu discutir sobre como fazer para determinar a constante de deformação da mola. A partir da construção de um dispositivo simples como o dinamômetro, podemos medir o peso dos materiais, basta para isso conhecermos a constante de proporcionalidade da mola/elástico utilizado.

A realização de atividades experimentais apresentam interações entre os seres humanos e o meio em que vivem, além de estarem presentes em suas experiências sociais. Em relação ao conhecimento científico, sabe-se que ao ser trabalhado na escola passa a construir o conhecimento em relação a esses conceitos científicos. As atividades experimentais em sala de aula são vistas como algo que requer atividades bem elaboradas que desafiem as concepções prévias do estudante encorajando-o a reorganizar seus conceitos.

De acordo com Ausubel, o experimento deve levar em consideração os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, onde o conhecimento científico se desenvolva com atividades relacionadas aos conceitos históricos, culturais e sociais, desenvolvendo a capacidade de raciocínio.

Encontro 4: Neste encontro para concluir a atividade queremos através da atividade experimental conceituar a Lei de Hooke, e obter o conceito de constante elástica da mola e sua relação com a força elástica.

Desta forma a professora irá apresentar o conceito através de um texto (Anexo A) que foi entregue aos estudantes, também realizaremos um debate com os resultados encontrados por cada grupo no desenvolvimento do roteiro.

A Lei de Hooke relacionada à elasticidade dos corpos serve para calcular a deformação sofrida por um corpo ao ser exercida uma força sobre ele. Ao tomarmos uma mola em seu estado relaxado e fixar uma das extremidades, se aplicarmos uma

força à extremidade livre obteremos uma deformação. Hooke observando esse fato estabeleceu uma lei que relaciona a força elástica, a reação da força aplicada e a deformação da mola. Matematicamente temos  $F = k \cdot \Delta L$ , onde a intensidade da força aplicada é diretamente proporcional à deformação.

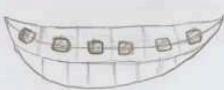
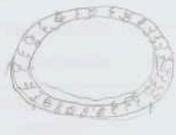
As molas são muito usadas em nosso dia a dia, são objetos flexíveis capazes de armazenar energia mecânica, são encontradas em diversas composições e formatos. São objetos que dão impulso ou resistência a outras peças, imprimindo movimentos, amortecendo pancadas, etc.

A atividade avaliativa aplicada nesta sequência resgatou as imagens utilizadas no primeiro encontro, sendo que desta vez os estudantes deveriam fazer uma reflexão sobre a força elástica utilizada em cada caso, com base nos conceitos que foram desenvolvidos ao longo desses encontros. E além das imagens que foram trazidas pela professora, buscarem outras imagens de objetos onde temos a interação massa-mola fazendo uma descrição da aplicação da Lei de Hooke.

Notam-se nas respostas dadas pelos estudantes que eles conseguiram compreender conceitos sobre a força elástica, aspectos como o material do qual a mola/elástico é composta, a força aplicada pelo peso do objeto, por exemplo, e verificou-se nos exemplos que eles conseguiram observar a aplicabilidade desta lei estudada.

Quadro 20: Atividade avaliativa Lei de Hooke

E10:

<p>Observe cada imagem e reflita sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde podemos encontrar a força elástica aplicada em cada caso:</li> <li>• Existe diferença na constante elástica das molas utilizadas em cada caso. Cite algumas.</li> <li>• Acrescente nas colunas abaixo outros exemplos onde temos a aplicada a força elástica. Faça uma reflexão sobre cada imagem.</li> </ul>	
<p>Pessoa pulando de Bungee jumping</p> 	<p>* Na cordo encontramos a força, a força inicial é a do corpo do pessoa que força para baixo e depois vai para cima.</p>
<p>Indígena preparado para lançar uma fecha.</p> 	<p>* A força inicial é na cordo quando o indígena puxa o cordo para trás e depois quando largar o cordo, a força puxa para a flexão. A diferença entre o ar e o cordo do colcho é que a força usada na cordo é maior forte porque é puxado para trás.</p>
<p>Imagem 1</p>  <p>(cabo do mola)</p>	<p>* As molas do colcho estão ali para um bom conforto, as molas não são muito flexíveis mas a força que serve é para ajudar no peso do peso de quem está ali.</p>
<p>A diferença entre a borrachinha do aparelho e a mola do colcho é que a borrachinha serve para apertar e a mola serve para conforto.</p>	
<p>Imagem 2</p>  <p>Aparelho</p>	<p>A força da borrachinha trabalha para arrumar os dentes (aperto). A diferença entre a cama elástica e a borrachinha é que a cama elástica estica e puxa e o aparelho não puxa.</p>
<p>Imagem 3</p>  <p>Cama elástica</p>	<p>A força inicial da cama elástica é quando a criança pula desse jeito a mola estica e quando a criança está no ar a mola contrai. A diferença entre o bungee jump e que o material usado para a cordo é diferente do que o material do mola.</p>

E15:

Observe cada imagem e reflita sobre:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde podemos encontrar a força elástica aplicada em cada caso:</li> <li>• Existe diferença na constante elástica das molas utilizadas em cada caso. Cite algumas.</li> <li>• Acrescente nas colunas abaixo outros exemplos onde temos a aplicada a força elástica. Faça uma reflexão sobre cada imagem.</li> </ul>	
Pessoa pulando de Bungee jumping 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na corda, para voltar quando ele se estende e para cima quando ele volta ao normal.</li> <li>• sem os materiais a força, se mede como se estende.</li> <li>• quando ele se pega a elástico se estende quando ele volta ao normal e volta fazendo uma compressão.</li> </ul>
Indígena preparado para lançar uma fecha. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na borracha, do arco. flexão quando ele estende para lançar a flecha.</li> <li>• sem os materiais, a força, se mede como se estende.</li> <li>• acontece o mesmo tipo de distensão e compressão.</li> </ul>
Imagem 1 coroa elástica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• são elásticos que se puxa para cima.</li> <li>• sem os materiais, a força, se mede como se estende.</li> <li>• quando a pessoa puxa ele estende e quando volta ao normal pega a pessoa para cima.</li> </ul>
Imagem 2 mola de carro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na mola que amortece o carro dos ônibus.</li> <li>• sem os materiais, as maneiras como são usadas, etc.</li> <li>• a mola se comprime para diminuir os movimentos bruscos.</li> </ul>
Imagem 3 mola de cometa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• na mola, quando se aperta para sair a ponta do cometa.</li> <li>• sem os materiais, as maneiras como são usadas.</li> <li>• para que a ponta possa voltar com um movimento de ar e fecha.</li> </ul>
E19:	

<p>Observe cada imagem e reflita sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde podemos encontrar a força elástica aplicada em cada caso:</li> <li>• Existe diferença na constante elástica das molas utilizadas em cada caso. Cite algumas.</li> <li>• Acrescente nas colunas abaixo outros exemplos onde temos a aplicada a força elástica. Faça uma reflexão sobre cada imagem.</li> </ul>	
<p>Pessoa pulando de Bungee jumping</p> 	<p>1ª: Na corda, primeiramente para baixo com o peso da pessoa e depois para cima com a compressão do elástico. 2ª: Sim, o material, a força aplicada etc.</p>
<p>Índigena preparado para lançar uma flecha.</p> 	<p>1ª: Na corda, primeiramente para trás, com a força exercida pelo braço do homem e depois para frente com a compressão da corda.</p>
<p>Imagem 1</p> <p>Amortecedor</p>	<p>Amortece o peso do carro e das pessoas que estão dentro.</p>
<p>Imagem 2</p> <p>Equipamento auxiliar para exercícios terapêuticos</p>	<p>O elástico serve para auxiliar pessoas com alguma deficiência física a tentar recuperar o movimento fazendo com que a pessoa exerça uma força sobre o elástico</p>
<p>Imagem 3</p> <p>Equipamento para treino</p>	<p>Elastico para a perna faz a pessoa exercer uma força maior para chutar a bola fazendo a pessoa criar músculos</p>

E25:

Observe cada imagem e reflita sobre:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde podemos encontrar a força elástica aplicada em cada caso:</li> <li>• Existe diferença na constante elástica das molas utilizadas em cada caso. Cite algumas.</li> <li>• Acrescente nas colunas abaixo outros exemplos onde temos a aplicada a força elástica. Faça uma reflexão sobre cada imagem.</li> </ul>	
Pessoa pulando de Bungee jumping 	A força está aplicada no elástico para baixo e depois comprime jogando a pessoa para cima.
Indígena preparado para lançar uma fecha. 	2 momentos de força, quando ele estica o elástico e quando o elástico comprime.
Imagem 1 Cama elástica	A força é aplicada no momento em que a criança pula e exerce a força para contra o elástico e ele comprime, jogando a criança para cima.
Imagem 2 Caneta	Nós impulsionamos o puno que deforma a mola onde empurra a ponta para fora, e ao apertar novamente ela volta para dentro.
Imagem 3 Amortecedor do Carro	A mola se comprime para desacelerar um movimento brusco, reduzindo o impacto.

- diferença  
 - o material  
 - o do manto  
 - a força exercida sobre o elástico.

Em seguida a professora entregou para cada estudante um questionário (Anexo A) para fins de avaliar como os estudantes sentiram a atividade e como se deu a construção do conhecimento.

Assim acredita-se que segundo a teoria da aprendizagem significava os estudantes poderão refletir sobre os conhecimentos aprendidos ao longo desta sequência.

Para finalizar a atividade os estudantes receberam uma atividade avaliativa (Anexo A), nesta atividade encontravam-se presentes na aula 30 estudantes, onde foi

perguntado para eles se já haviam participado de atividades experimentais, 83% dizem já terem participado e 17% que não haviam participado. Em relação ao gostar de ter realizado experimentos 66% gostaram muito, 31% gostaram pouco e 3% não gostaram. Sobre o que mais gostaram na realização da atividade eles relatam que foi o experimento, fazer as medidas usando as molas e massas, o que menos gostaram foi de realizar os cálculos e responder as questões do roteiro. Em torno de 70 % dos estudantes acredita que conhecer a história do cientista e da importância do conteúdo ajudou a compreender os conceitos estudados, mas alguns dizem que não gostam de estudar física, por esse motivo conhecer a história da ciência não contribuiu.

Na questão 5 quando perguntamos se a realização da atividade facilitou na aprendizagem praticamente todos responderam que sim, pois tiveram a oportunidade de participar e ao realizar a prática podem aprender mais. Em relação à questão 6 onde eles deveriam descrever quais os passos que seguiriam para efetuar a medida do peso de um objeto usando o dinamômetro, percebemos algumas limitações e dificuldades que os estudantes possuem para se expressar. Isso pode ser atribuído ao fato de na maioria das aulas de física as questões serem apenas de resolução de cálculos, ou questões fechadas sem dar muita ênfase para a interpretação dos fenômenos observados. Nesta questão podemos observar as seguintes respostas dadas pelos estudantes: *“Precisa de uma mola e para medir precisa achar a constante e para saber o peso é só ver o quanto ela distende”*, *“Tem que saber a constante e quanto a mola distende”*, *“Dependendo a mola e o peso vai distender mais ou menos”*.

Ao perguntarmos na questão 7 sobre quais as principais etapas em um procedimento experimental usado por Robert Hooke e a qual relação de proporcionalidade ele chegou, os estudantes fizeram um relato sobre quais os passos que eles seguiram na realização deste experimento. Começaram descrevendo a construção do dinamômetro, o uso de molas distintas e um elástico, onde inicialmente precisaram medir o comprimento inicial e na sequência com o uso das massas de 50 g, 100 g e 150 g mediram de quanto foi a deformação do material utilizado. Relataram que após possuírem os valores medidos, realizaram os cálculos de coeficiente angular e construíram os gráficos.

A última parte foi análise dos resultados obtidos, observaram que o valor encontrado para coeficiente angular pode ser considerado constante e que este depende do material da mola/elástico utilizado, concluíram ainda que quanto maior o peso utilizado maior será a deformação. Em relação aos fatores que influenciam a

determinação da constante de proporcionalidade elástica, os estudantes citaram o material de que é feita a mola ou elástico e o peso ou força aplicada sobre a mola.

### 5.3 RELATO DA APLICAÇÃO E RESULTADOS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Encontro 1: Neste primeiro encontro foi exposto aos estudantes da 1ª série 103 do turno noturno da escola EEB Saad Antônio Sarquis, como seria a dinâmica do trabalho na aplicação da sequência. O nosso objetivo é inserir o estudante nos conceitos que serão abordados.

Inicialmente apresentamos duas imagens da nossa atmosfera onde será questionado sobre o que eles conhecem a respeito da atmosfera, sabendo que este tema é abordado em séries anteriores nas aulas de geografia, por exemplo. O questionário entregue aos estudantes também serve de avaliação de conhecimentos prévios sobre o tema que será explorado.

#### Quadro 21: Questionário de conhecimentos prévios

1. Descreva com suas palavras o que esta imagem representa?
2. Pensando no que você já estudou esta imagem traz algum significado? Quais seriam? Descreva brevemente.
3. Você consegue relacioná-la com seu dia a dia?
4. Reflita sobre as camadas representadas na imagem, o que você sabe dizer a este respeito delas?

O uso de questionários de conhecimentos prévios busca um saber que tenha no educando uma postura de reflexão, indagação e solução de problemas. Nesse questionário esperamos que eles consigam relacionar as imagens da atmosfera identificando suas camadas e sua importância para a vida na Terra, ainda não estaremos questionando saberes cientificamente estruturados apesar de este ser um tema largamente explorado no ensino fundamental.

Quadro 22: Respostas dadas pelos estudantes

<p>E<sub>1</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tanto uma, quanto a outra representa as camadas da atmosfera.</li> <li>2. Sim, a partir dessas imagens e do conteúdo estudado adquirimos ainda mais conhecimento.</li> <li>3. Sim, pois algumas camadas podem nos ajudar a perceber coisas como a previsão do tempo.</li> <li>4. Ambas são importantes por fazerem parte da formação do nosso planeta.</li> </ol>
<p>E<sub>3</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camadas da atmosfera um retrato visto do auto ou algo do tipo.</li> <li>2. Não estudamos.</li> <li>3. Sim, pela temperatura climática, como o calor e o frio e também nas mudanças das nuvens.</li> <li>4. Compostas na atmosfera.</li> </ol>
<p>E<sub>12</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Representa as camadas da atmosfera de um outro ângulo e apresentam várias características.</li> <li>2. Não respondeu.</li> <li>3. Sim, por a atmosfera estar em movimento ela faz o clima mudar. E por ela ser formada por parte de gás ela nos ajuda a sobreviver.</li> <li>4. Que a atmosfera é composta de várias camadas de gases e ela faz o clima mudar e ela influência bastante a água.</li> </ol>
<p>E<sub>14</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Representa as camadas da atmosfera, vista de longe, de cima da terra do auto.</li> <li>2. Não estudamos sobre essa imagem.</li> <li>3. Sim, pela temperatura climática, frio ou calor.</li> <li>4. Representam a composição da atmosfera.</li> </ol>
<p>E<sub>18</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esta imagem apresenta as camadas da atmosfera.</li> <li>2. Para mim as camadas atmosféricas.</li> <li>3. Sim, no clima por exemplo.</li> <li>4. Que elas são as camadas que tem o ar em que respiramos e ela também contém gases e também fazem as temperaturas climáticas.</li> </ol>
<p>E<sub>19</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aurora boreal.</li> <li>2. Camada que a gente está.</li> <li>3. Sim, altitude das camadas.</li> <li>4. Tempo e clima.</li> </ol>
<p>E<sub>21</sub>:</p>

<ol style="list-style-type: none"><li>1. É uma imagem representando camada da atmosfera.</li><li>2. Camada que a gente circula.</li><li>3. Sim está presente em tudo.</li><li>4. Elas formam a terra onde vivemos.</li></ol>
E <sub>24</sub> : <ol style="list-style-type: none"><li>1. Representa o universo e suas camadas.</li><li>2. Camada que a gente circula.</li><li>3. Sim, esta presente em tudo.</li><li>4. Elas fazem o clima do planeta.</li></ol>

Nota-se nas respostas dadas que os estudantes possuem um conhecimento limitado das camadas da atmosfera, em nenhuma resposta encontramos alguma citação de alguma camada em específico, alguns ainda responderam que não haviam estudado sobre esse tema. A maioria apenas citou que as imagens representam as camadas da atmosfera, fizeram referência ao clima do planeta e ao ar que respiramos.

Em seguida entregamos um texto “Camadas da Atmosfera”, onde temos a descrição das camadas que compõe a atmosfera como a troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera. Posterior à leitura do texto foi solicitado aos estudantes realizarem uma pesquisa sobre os elementos: Tropopausa, Estratopausa, Mesopausa e Camada de Ozônio que está presente na nossa atmosfera, porém não foi abordado no texto. Essa pesquisa visa uma maior integração do conteúdo, pois sabemos que a interação em torno do tema dado é um agente motivador que torna o ensino mais ativo, buscando a construção dos conceitos. A pesquisa foi realizada de forma extraclasse em virtude da precariedade da internet disponível na escola.

Ainda neste encontro assistimos a um vídeo “Tempo e Clima – Atmosfera e Pressão”, esse foi retirado do youtube. Os recursos audiovisuais, que vêm da revolução tecnológica, têm se mostrado uma ferramenta eficiente, que pode e deve ser usada no processo educacional. O vídeo trabalhado tem o objetivo de instruir o estudante e ao mesmo tempo passa imagens da atmosfera e como ela atua no tempo e no clima.

Ao utilizarmos esse recurso, fez-se necessário definir qual era a intenção didática, pois o mesmo oferece múltiplas linguagens como a música, as narrativas e as imagens. Estas fontes de conhecimentos propõem reflexão, assim elaboramos um questionário, permitindo que possa construir sua concepção do tema a partir do que visualizou.

Quadro 23: Questionário referente ao vídeo “Tempo e Clima – Atmosfera e Pressão”

1. O que você consegue destacar em relação ao vídeo.
2. O vídeo traz questões referentes ao clima e à pressão atmosférica; escreva o que você entendeu de acordo com o vídeo desta relação.
3. Explique o que são zonas de baixa e alta pressão. Elas são responsáveis pela variação do nosso clima.

Quadro 24: Respostas dadas pelos estudantes

E<sub>1</sub>:

1. Que a atmosfera é composta de várias camadas de ar.
2. Que a atmosfera pode variar o clima ela pode aumentar o vento.
3. Zona de baixa é onde tem a menor pressão do ar, ou seja, é mais quente. Zona alta é aonde a pressão do ar é mais alta, ou seja, quanto mais alta mais frio.

E<sub>3</sub>:

1. Que o vento (ar) pode ter peso e pode ser invisível.
2. Que pode ter mudanças no tempo e etc. e mudam de acordo com as estações.
3. Zona de baixa pressão: significa tempo estável. Alta pressão: pode ser as variadas em temperatura (tempo bom).

E<sub>12</sub>:

1. O vídeo mostra questões referentes ao clima e a pressão atmosférica.
2. A camada se sobrepõe por vários gases, o ar pode ser invisível, mas compõe peso, isso é chamado de pressão atmosférica.
3. Baixa pressão é onde tem menor pressão do ar clima quente, e a alta pressão é onde tem mais pressão de ar, deixando o clima mais frio.

E<sub>14</sub>:

1. Que o ar quente é mais leve que o frio. E que a atmosfera é responsável pelo clima.
2. As camadas atmosféricas interferem no tempo, e no ar.
3. Sim, são responsáveis pela variação do nosso clima.

E<sub>18</sub>:

1. Que o ar tem uma pressão sobre nós, que as camadas atmosféricas auxiliam no tempo.
2. O ar tem uma pressão (peso) sobre nós mesmo não podendo velo. E as camadas atmosféricas interferem e nos auxiliam no tempo.
3. O que depende em uma zona de alta e baixa pressão é os ventos. No verão as zonas de alta pressão seguem para o norte.

E<sub>19</sub>:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O ar é chamado de atmosfera. quase todos os aviões voam na atmosfera.</li> <li>2. Que o ar quente é mais leve e o ar frio pesado onde a pressão atmosférica é maior a tempo bom.</li> <li>3. Alta é onde o ar é mais pesado é baixo onde o ar é mais leve.</li> </ol>
<p>E<sub>21</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Que onde tem o ar quente é mais leve que o frio.</li> <li>2. Que tem bastantes coisas que influenciam nisso, como vento, calor, etc.</li> <li>3. Os ventos são as zonas de baixa e alta pressão, onde a baixa tem pouca presença de ar e a alta bastante.</li> </ol>
<p>E<sub>24</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. O vídeo trata das atmosferas e das variações de pressão atmosféricas.</li> <li>2. A pressão atmosférica interfere nas mudanças de clima. O ar quente é mais leve e o ar frio mais pesado.</li> <li>3. Nas zonas de alta pressão há tempo limpo e bom, nas de baixa pressão se permitem a formação de nuvens, e então as chuvas, etc. E para saber a pressão atmosférica é preciso saber o caminho dos ventos.</li> </ol>

Nas respostas dadas os estudantes destacaram a influência do clima, a pressão atmosférica que interfere nas mudanças climáticas. Existe uma relação encontrada em quase todos os questionários onde eles descrevem que o ar frio é mais “pesado” que o ar quente, não encontramos relação à densidade do ar frio e quente.

Ainda notamos neste primeiro momento os estudantes com certa insegurança de apresentar suas observações e a dificuldade de fazer registros a partir do que eles considerem importantes.

A apresentação do tema camadas da atmosfera para introduzir o conceito que mais tarde estudaremos teve por objeto revelar que a nossa atmosfera é composta por diversas camadas que são formadas por gases, e esses por sua vez interferem em nosso dia a dia, além de servir como um questionamento sobre quais são os conhecimentos prévios que os estudantes trazem sobre o tema abordado. Outro fator relevante é refletir sobre como essas camadas podem nos afetar, por exemplo, porque partidas de futebol que são realizadas em locais situados a mais de 2 500 metros acima do mar são um problema muito sério para jogadores que não vivem nessas regiões.

Encontro 2: Neste encontro nosso objetivo está em compreender através de atividades experimentais que o ar tem peso e exerce pressão. Os estudantes foram agrupados em duplas, o processo de realizar experiências contribuiu na

aprendizagem através das suas etapas, construir o conhecimento por meio das resoluções das atividades contidas nelas.

Figura 13: Estudantes realizando o experimento “O ar tem peso?”



Na realização do experimento foi entregue um roteiro (Anexo A) para os estudantes, no fim deste, eles deveriam responder um questionário.

Essa forma de trabalhar o aprendizado abre perspectivas para que o estudante possa se preparar, tornando-se socialmente um ser crítico, apto a trabalhar em equipes para resolver problemas. Através de procedimentos experimentais, espera-se fazer o estudante entender que as descobertas científicas não ocorrem por acaso, motivando-os a investigar a natureza e suas manifestações.

#### Quadro 25: Questionário referente ao experimento

- 1) Observe e descreva o que ocorreu com a vareta e os balões.
- 2) Procure diferenciar os dois momentos do experimento: com os dois balões inflados e quando apenas um estava inflado.
- 3) Justifique com base em seus conhecimentos porque isso aconteceu.

Com este experimento estamos queremos explorar apenas a questão referente ao fato do ar possuir peso, apesar de no dia a dia não nos darmos conta disso. Ao esvaziar um dos balões é possível observar um desequilíbrio na vareta, onde ela inclina mais para o lado do balão que ainda está cheio.

Porém com esta atividade pode-se explorar questões referentes ao empuxo, que é um dos fatores relevantes para este desequilíbrio, pois no balão que ainda está cheio temos que o ar de dentro pressiona a superfície do balão provocando uma força, de forma semelhante o ar que está do lado de fora pressiona as paredes do balão também provocando uma força, estas forças se equilibram por meio do empuxo. Quando os dois balões estão cheios as forças aplicadas são iguais, mas quando um fica vazio podemos notar esta diferença no equilíbrio da balança. Deve-se lembrar que também a pressão interna do balão cheio é um pouco maior que a pressão atmosférica, então a densidade do ar no balão é um pouco maior do que a do ar na pressão atmosférica.<sup>3</sup> Assim temos uma massa aparente do balão cheio, o ar dentro do balão tem massa maior em um dado volume do que ar externo no mesmo volume.

Desta forma o professor pode questionar o estudante para o fato de porque o balão pende para o lado do balão cheio, mas neste momento não focar na explicação de empuxo, apenas na questão do peso do ar.

#### Quadro 26: Respostas dadas pelos estudantes

G <sub>1</sub> :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Após o ponto de equilíbrio ser localizado, os balões cheios ficaram equilibrados, mas após um ser murcho o cheio ficou mais pesado.</li> <li>2. Quando os dois estavam cheios, ambos ficaram equilibrados, mas quando um estava murcho o cheio pesava mais tendo um desequilíbrio.</li> <li>3. Pois o ar pesa, portanto o balão cheio tem mais peso do que o murcho, causando desequilíbrio.</li> </ol>
G <sub>4</sub> :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os dois balões cheios e a vareta ficaram em equilíbrio, mas depois que foi esvaziado um balão o que tinha ar ficou mais pesado.</li> <li>2. Que quando os dois balões estavam cheios havia equilíbrio, mas depois que foi esvaziado um ele ficou mais pesado ocorreu um desequilíbrio.</li> <li>3. Por causa do ar possuir peso houve uma diferença entre o balão inflado e o balão vazio.</li> </ol>
G <sub>7</sub> :	

<sup>3</sup> O artigo “Membrana de um balão: do que depende a pressão interna?” De Fernando Lang da Silveira nos traz mais explicações de como ocorre à pressão interna dentro de um balão através de um experimento simples. Esse e outros artigos encontram-se em “Pergunte ao GREF – Apoio SEAD/UFRGS.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocamos dois balões o equilibramos na vareta como uma balança.</li> <li>2. No primeiro momento ficaram equilibrados. No segundo momento ficaram em movimento.</li> <li>3. Porque o balão cheio provocou o desequilíbrio afinal o ar fez com que o balão cheio ficasse mais pesado.</li> </ol>
<p>G<sub>9</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Após estourar um dos balões, a balança deu mais peso ao que estava cheio, pois o ar pesou dentro dele.</li> <li>2. Com os dois balões, a balança ficou com equilíbrio, igualdade de peso, e após um estar inflado, o balão cheio desinclinou com o peso do ar.</li> <li>3. Por que o balão cheio estava ainda com ar dentro, sendo assim, dando peso a ele.</li> </ol>

Nas respostas dadas pelos estudantes podemos notar que os grupos fizeram um relato pequeno sobre o experimento, e a grande maioria diferenciou os dois momentos do experimento inicialmente com os balões cheios e depois com um deles vazio pelo fato de o balão cheio possuir mais peso, repetindo esta explicação na questão 3.

Encontro 3: Nosso objetivo neste encontro está em refletir sobre concepções históricas na construção do conceito de pressão atmosférica e observar experimentalmente como um fluido se comporta em uma coluna. No que diz respeito aos aspectos históricos foi entregue aos estudantes um texto “Pressão Atmosférica – aspectos históricos” (Anexo A). Neste texto citamos Aristóteles e sua concepção sobre a não existência do vazio, uma argumentação para isso era que se corpo em movimento não encontrasse resistência do meio teria velocidade infinita, assim ele dizia que a natureza tinha horror ao vácuo.

Porém apesar das diversas discussões entre cientistas em relação ao vácuo, por volta de 1630 o problema das bombas aspirantes traz esse tema de volta. Notava-se que essas bombas não conseguiam elevar água além de certo limite de aproximadamente 10 metros. Gasparo Berti tentou resolver o problema com seu experimento com um tubo de chumbo, que foi preenchido com água e colocado em um tonel também com água, ao abrir à torneira a água desceu pelo tubo permanecendo no tubo uma coluna com a altura de água prevista, no entanto vários duvidaram desse resultado em função do tubo não ser transparente.

Neste texto não citamos o experimento de Torricelli, pois queremos que os conceitos sejam construídos pelos estudantes, assim na sequência realizamos um experimento que busca abordar essas questões. Acredita-se que a experimentação como estratégia de ensino, pode atrair a atenção, estimular o interesse e a curiosidade.

Para este experimento a professora levou a bomba hidráulica já construída, por causa do nosso tempo de aplicação da proposta em sala ser restrito, mas é possível caso o professor queira pedir para os estudantes construírem com os materiais e o roteiro contido no Anexo A

Na realização do experimento foi fixada a mangueira transparente na rede na quadra de esportes no ginásio da escola, lá os estudantes reunidos em grupo deveriam realizar o procedimento com o uso da bomba hidráulica para empurrar para cima três líquidos: água, glucose líquida e óleo.

Figura 14: Experimento bomba hidráulica



Após a realização do experimento os estudantes voltaram para a sala de aula e responderam a um questionário conforme estava no roteiro.

Quadro 27: Questões do roteiro referente ao experimento

1. Observe e descreva o que ocorre com a coluna que se formou dentro da mangueira nos três casos: quando usamos água, glucose líquida e óleo.
2. Houve alguma diferença no uso da bomba d'água para os três líquidos, em algum deles a pressão que você teve que exercer foi maior ou menor?
3. Ao usar água nas mangueiras que possuíam diâmetros diferentes você observou alguma mudança em relação à altura da coluna de água que foi possível atingir? Comente este fato.
4. Faça a mesma observação da questão anterior para a glucose líquida e o óleo.

Neste questionário queremos observar se os estudantes conseguiram perceber que ao usar líquidos de diferentes densidades a pressão que foi aplicada à mangueira é diferente, e em qual deles houve mais “facilidade” de subir pela mangueira usando a bomba hidráulica. Ao trocarmos a mangueira de um diâmetro maior para uma de um diâmetro menor, sabemos que não deve haver diferença na pressão aplicada, porém essa diferença pode ser pequena, em virtude de nossos materiais usados possuírem densidades muito próximas, mesmo assim é importante que o estudante se questione sobre este fato.

Pretendemos explorar nesta atividade se ao término dela o estudante tem condições de compreender quais fatores influenciaram para a água subir na mangueira.

Quadro 28: Respostas dadas nos grupos

- G<sub>2</sub>:
1. Quando usemos o óleo ele subiu mais rapidamente, e quando usemos a água demorou mais e quando foi usado a glicose demorou mais por ser mais denso.
  2. No óleo ela foi maior a pressão, na água foi médio e na glicose ela demorou mais por ela se mais densa.
  3. Que a densidade continua a mesma não vai mudar nada.
  4. Não acontece mudança alguma porque o óleo sobe mais e a glicose sobe menos.
- G<sub>4</sub>:
1. A glicose é mais densa, pois ela precisa de mais força para subir, a água tem sua densidade em meio termo e o óleo sua densidade é baixa sobe rápido.
  2. A água sua pressão foi tranquila, a glicose precisou de bastante pressão mais do que os outros componentes e o óleo com facilidade sem muita pressão.
  3. Não alterou em nada, as duas mangueiras dão a mesma pressão e a mesma densidade.
  4. Não houve diferença da mangueira grande para a pequena.

G<sub>6</sub>:

1. Começamos nosso experimento adicionando corante na água para podermos analisar melhor. A água então por ter uma densidade menor que a glucose, foi mais fácil, pois tivemos que aplicar uma menor pressão para que ela subisse na mangueira. Depois nessa água foi adicionado glucose, que deixou a água com mais densidade, sendo assim tivemos que colocar mais força (pressão) para que o líquido subisse a manga. No caso do óleo a densidade é menor que a água e a glucose, então não foi preciso fazer tanta pressão para que o óleo subisse pela mangueira. Vale lembrar de que tinha 2 mangueiras, na mais grossa tivemos que aplicar mais pressão em todos os líquidos testados. Já na mais fina foi mais fácil.
2. Sim, a água foi mais fácil, a glucose tivemos que por mais pressão, pois era mais densa, já o óleo foi mais fácil.
3. Sim, na mangueira mais grossa foi possível observar que tivemos mais dificuldade, já a mais fina foi mais fácil.
4. Mesma coisa na mangueira grossa tivemos mais dificuldade, já na mais fina mesmo esquema foi mais fácil.

Por meio dessas respostas pode-se notar que os estudantes chegaram às conclusões que eram previstas na realização deste experimento. Foi possível ver que eles possuem uma visão clara da existência de densidades diferentes nos três materiais utilizados, sendo o óleo como eles citam “mais fácil” de elevar na coluna. Porém ainda notamos uma fragilidade em responder questões, onde precisam descrever como realizamos o experimento ou tentar argumentar o porquê um líquido subiu mais que o outro.

Encontro 4: Notou-se no encontro anterior que os estudantes possuem algum conhecimento sobre densidade da substância, assim vamos relacionar os conceitos observados no experimento como densidade e pressão para podermos construir o conceito relativo à pressão atmosférica.

Para o andamento da atividade foram entregues dois textos (Anexo A) aos estudantes; o primeiro diz respeito à densidade onde de forma prática e simples é possível mostrar que ao colocarmos óleo e água em um copo, temos que o óleo logo se acomoda acima da água, isto porque sua densidade é menor, ou seja, a densidade é a razão da massa da substância pelo seu volume. Este conceito também já havia sido trabalhado pela professora de química da escola.

Em relação ao conceito de pressão entregamos o segundo texto (Anexo A) onde também discutimos de forma clara e simples um exemplo que ilustrasse a

situação. Foi perguntado neste exemplo em qual situação você seria mais bem-sucedido; martelar um prego ou tentar martelar um taco de beisebol? Descreve-se na sequência que, usando a mesma força, martelar o taco dificilmente conseguiríamos fazê-lo penetrar na parede, enquanto que martelar um prego não haveria problema. Assim podemos definir que a pressão depende da força aplicada perpendicularmente sobre uma área da superfície.

Com o intuito de chamarmos a atenção dos estudantes para alguns elementos importantes e para a matemática envolvida na pressão estudada, foram entregues as questões abaixo que foram respondidas em duplas.

#### Quadro 29: Questões entregues aos estudantes

1. O que fez a água subir pela mangueira? Existe alguma diferença na força aplicada quando usamos óleo? A que fato isso se deve, o que influência essa mudança na força aplicada?
2. Como você conseguiria explicar o fato de a água subir na coluna formada pela mangueira? Cite os principais elementos, que você acredita estarem envolvidos nesta situação?
3. Com o que o nosso experimento se assemelha ao realizado por Gasparo Berti? O que ele buscava responder com esse experimento?

Neste questionário abordamos na primeira questão aspectos semelhantes às questões que foram aplicadas no questionário respondido após a realização do experimento, fizemos isso como uma forma de refletir sobre o conhecimento já aprendido. Nas questões 2 e 3 buscamos uma explicação mais elaborada para o fato da água subir pela mangueira e também uma comparação do experimento realizado por nós com o que Gasparo Berti realizou. Sabemos que os dois experimentos são distintos sendo que nós usamos uma bomba hidráulica, mas nosso objetivo é observar se os estudantes conseguem fazer relações entre as diferenças e quais os objetivos em realizá-la.

#### Quadro 30: Respostas dadas pelas duplas

G<sub>4</sub>:

1. A pressão, a densidade dos líquidos.

<ol style="list-style-type: none"> <li>2. A água sobe na coluna, porque com o movimento da bomba, gera pressão (ar) em baixo do líquido, como o ar ocupa espaço e faz o líquido subir.</li> <li>3. Nós fizemos o que ele fez, conseguimos provar até qual a altura os líquidos subirão, ele buscava responder até que altura a água subia.</li> </ol>
<p>G<sub>14</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bomba de água, nela densidade do óleo, o menos denso.</li> <li>2. O ar e a força aplicada na bomba.</li> <li>3. Os elementos que ele utilizou foi semelhante com o nosso experimento, tubos, mangueiras, etc. ele buscava responder que a pressão do ar não permite que a água subisse.</li> </ol>
<p>G<sub>16</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A água por ter uma menor densidade comparada com a glucose, e o que fez ela subir, foi a pressão colocada.</li> <li>2. Pressionando a mangueira, o ar puxa a água e faz ela passar pelo tubo, quanto mais pressão, mais rápido a mangueira puxa a água.</li> <li>3. Gasparo usou um tubo de chumbo, esse tubo foi preenchido com água e colocado em um tonel também com água, quando a torneira foi aberta a água desceu pelo tubo permanecendo nele com uma coluna com a altura máxima prevista. Ele queria verificar o problema que ocorreu com a elevação da água através de bombas aspirantes.</li> </ol>
<p>G<sub>9</sub>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A força exercida, sim porque para fazer o óleo subir não precisa fazer muita força por ele ser menos denso que a água.</li> <li>2. A força porque quanto mais forte bombear mais alto ela vai subir, a densidade média, a força, pressão.</li> <li>3. A semelhança é que nos tentamos reproduzir seus experimentos, mas nos usamos a mangueira transparente e ele a de chumbo. A elevação da água através de bombas aspirantes.</li> </ol>

Observamos nas respostas dadas pelos estudantes que a maioria menciona o fato de a densidade do líquido influenciar no por que a água subiu, também citam a pressão como responsável e uma força que eles não explicam que força seria está. Na questão 2 os estudantes colocam que a pressão exercida na bomba é quem faz a bomba subir, este fato é compreensível, pois em nosso experimento não foi realizado seguindo os princípios de Gasparo Berti ou mais tarde Torricelli, e assim temos que a bomba construída é um elemento que realmente influencia na subida dos líquidos usados, mas podemos observar em algumas respostas o ar como um elemento que influencia a água subir, como vemos no G<sub>4</sub> quando eles tentam justificar o fato “do ar

*ocupa espaço e faz o líquido subir*". Em relação à questão 3 os estudantes usaram o texto que haviam recebido e buscaram encontrar as diferenças existentes entre o experimento realizado e o que Gasparo Berti desenvolveu, e nesta observamos que eles não tiveram dificuldades em citar estas diferenças.

Após os grupos responderem as questões, a professora conduziu um debate, onde os grupos leram suas respostas e a partir destas foi elaborado no quadro um modelo matemático que busca explicar o fenômeno observado.

Neste modelo imaginamos um recipiente com água, e um bloco situado dentro deste recipiente, foi usado água como exemplo, mas poderia ser o ar que nos envolve. Pensando neste bloco dentro da água identificamos quais forças estariam envolvidas neste processo, sendo uma delas a força Peso e duas forças contrárias. Usando as relações matemáticas estudadas como, a densidade de uma substância, a pressão exercida por uma força sobre uma área e a relação Peso de um corpo, realizamos algumas transformações para chegar a equação  $p_2 - p_1 = \rho \cdot g \cdot h$  que também é conhecida como teorema de Stevin.

Para finalizar este encontro foi solicitado aos estudantes realizarem, de forma extraclasse, uma pesquisa sobre conceitos históricos em relação à pressão atmosférica, sobre o experimento de Torricelli, não temos a pretensão que esta pesquisa seja entregue com os conceitos muito bem definidos, pois conhecemos as limitações deste grupo de estudantes, apenas pretende-se que eles façam uma reflexão sobre o experimento que realizaram e os conceitos historicamente construídos.

Encontro 5: Nosso objetivo neste encontro é refletir sobre a pressão atmosférica, para isso inicialmente foi solicitado aos estudantes relatarem o que encontraram na pesquisa que ficou como uma atividade extraclasse. Alguns dos estudantes não realizaram esta atividade, mas os que fizeram nos relataram sobre o experimento que Torricelli realizou com a coluna de mercúrio, e nos foi questionado o porquê não o fizemos da forma que Torricelli fez já que a coluna de mercúrio é de 76 cm, já que a coluna ficaria menor, foi explicado a eles que o mercúrio é uma substância tóxica, sendo assim proibido o seu uso para fins didáticos. Na última questão da atividade de pesquisa, que pedia a quais conclusões Torricelli chegou neste experimento os estudantes conseguiram encontrar uma explicação na pesquisa, porém ficaram confusos com as unidades usadas, e o que essa conclusão do experimento quer realmente dizer.

A realização de uma pesquisa é uma forma de incentivar os estudantes na construção do conhecimento, pois, segundo FREIRE (2001) “não existe pesquisa sem ensino e nem ensino sem pesquisa”, a partir dessa perspectiva a pesquisa se torna aliada no processo de ensino e aprendizagem.

Buscando esclarecer essas questões foi entregue um texto (Anexo A) para cada estudante. Neste fizemos uma descrição de elementos já estudados como a composição da nossa atmosfera e como os gases por ela composta nos influenciam. E introduzimos o experimento que Torricelli realizou, pois até este momento ainda não tínhamos nos referido a ele. Citamos o barômetro como o nome do aparelho usado para medir a pressão atmosférica, e que este valor encontrado por ele é a pressão no nível do mar, conforme nos movimentamos em relação a nossa altitude em relação ao nível do mar este valor também muda. Neste texto citamos o exemplo encontrado no livro Física Conceitual de HEWITT, Paull G, onde o peso da atmosfera sobre uma bebida empurra o líquido através de um canudo, ou seja, o líquido não é sugado, mas sim ele é empurrado para cima pela atmosfera.

Como forma de aguçar a discussão sobre esses conceitos aprendidos foi entregue uma lista de exercícios, onde, em alguns momentos, foi necessário realizar o que o exercício propunha para chegar a uma resposta. O desenvolvimento desta lista foi bastante produtivo, gerou muita discussão entre os estudantes, que discordavam do que poderia acontecer, nas questões que necessitavam que fosse realizado o que se pedia, por exemplo, na questão 4 (Anexo A) onde foi entregue uma latinha com um único furo e eles precisavam explicar por que o líquido não iria sair.

A utilização de textos e resolução de atividades que questionem os estudantes surge como um auxílio ao ensino das mais diversas áreas, incluindo a das Ciências. Dessa forma devem ser usados como um recurso que pode facilitar a aprendizagem, podendo ser usados como instrumento de informação, o que torna os estudantes mais presentes ao cotidiano escolar, sendo mais uma ferramenta que contribui para a construção do conhecimento.

Encontro 6: Para finalizar esta sequência sobre a pressão atmosférica, solicitamos aos estudantes a construção de um jornal mural. Essa atividade foi explicada de forma prévia no encontro 5, pois havia a necessidade que os estudantes pesquisassem um pouco sobre o assunto, buscando imagens, textos etc. O jornal mural é uma atividade bastante rica em conhecimento pois os estudantes precisam

refletir sobre quais foram os aspectos mais relevantes que foram estudados, construindo seus próprios textos explicativos.

O jornal mural ficou exposto num dos corredores da escola. As informações a serem colocadas neste jornal devem ser aquelas pesquisadas e discutidas no decorrer dos encontros, como, por exemplo: composição das camadas da atmosfera, experimentos realizados por eles, experimento de Gasparo Berti e de Torricelli, e conceitos de pressão atmosférica. Ressaltamos para os estudantes da importância deste mural conter imagens e textos explicativos sobre o tema estudado.

Figura 15: Estudantes construindo os jornais



Na realização desta atividade os estudantes se mostraram bastante participativos, muitos trouxeram textos previamente pesquisados de casa, e o uso do celular foi permitido como uma ferramenta de pesquisa.

Nesta atividade foi possível desenvolver a pesquisa, a capacidade criativa, já que alguns grupos criaram também um nome para seu jornal, desenvolveu-se a descoberta de novas formas de expressão e de um novo universo de comunicação por meio de palavras e imagens, contribuindo com a construção do conhecimento.

Figura 16: Jornal mural produzido pelo G1

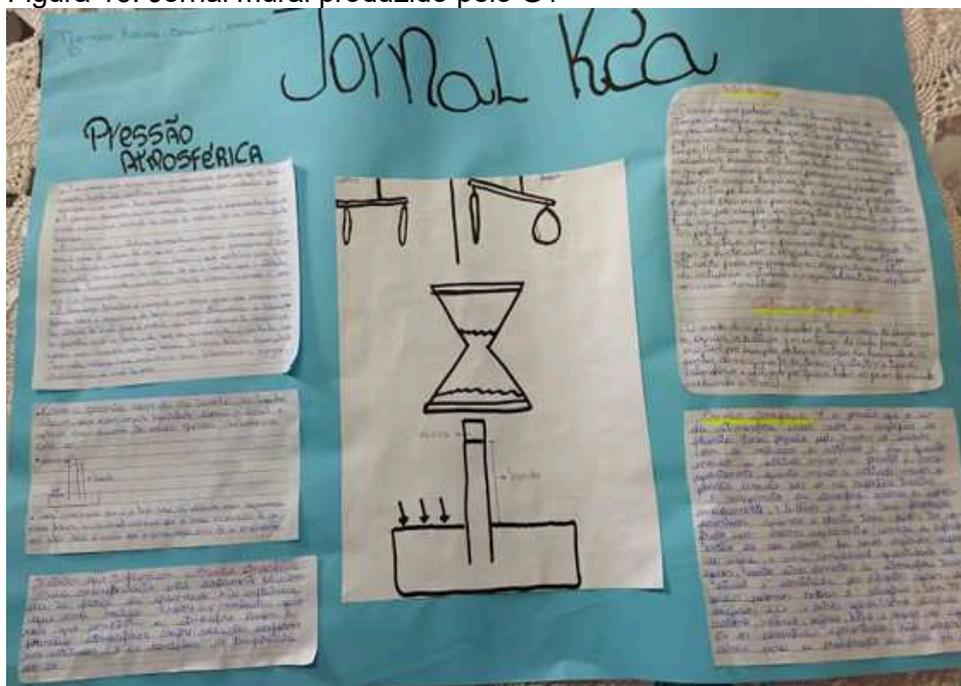


Figura 17: Jornal mural produzido pelo G3

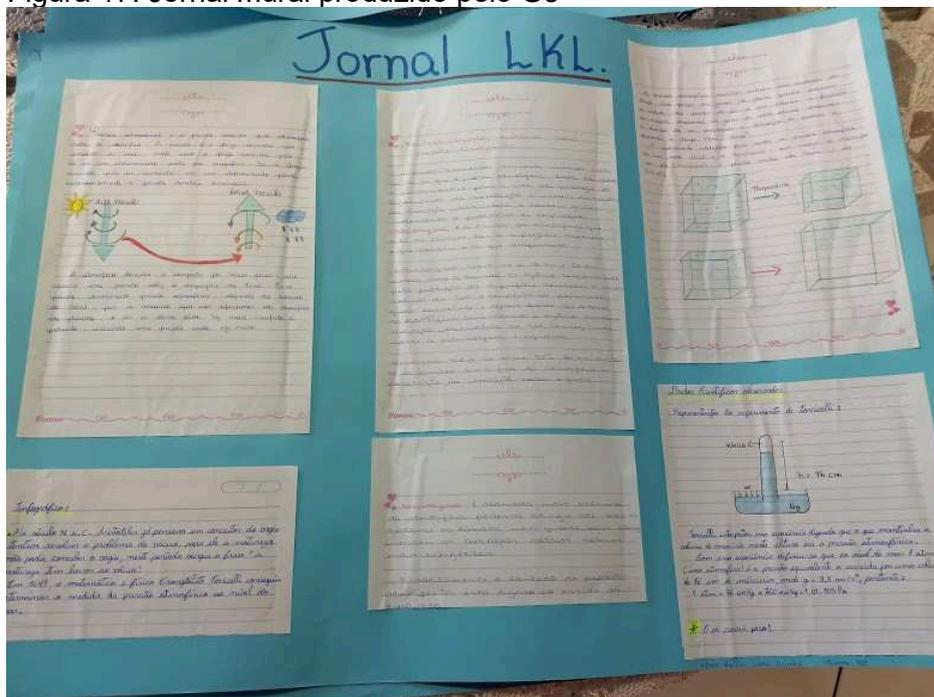
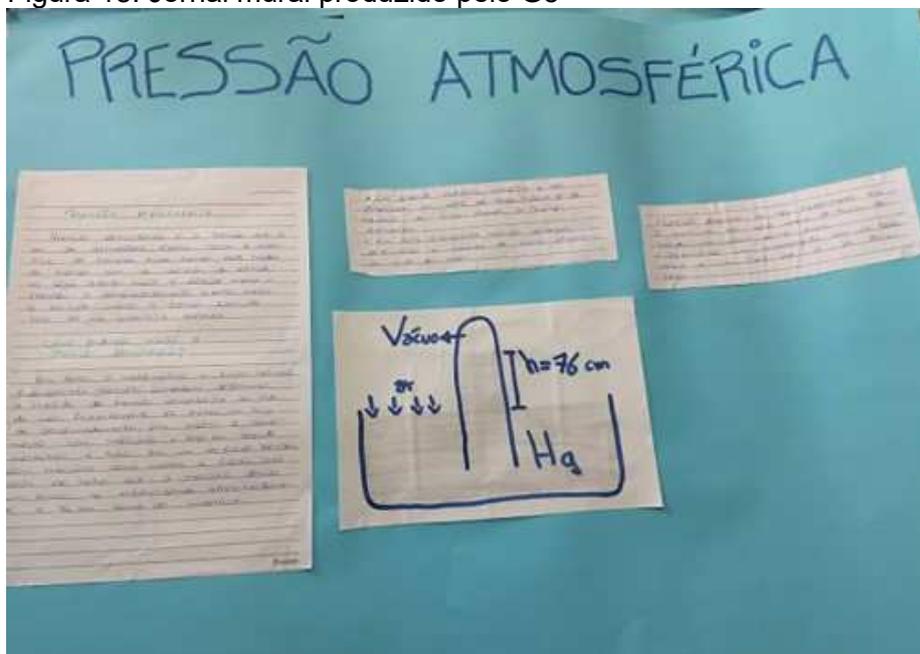


Figura 18: Jornal mural produzido pelo G5



Após os estudantes construírem seus jornais murais, foi entregue um questionário de avaliação da atividade (Anexo A). Para que esta atividade fosse possível de ser realizada pedimos uma aula a mais que foi cedida por um professor da escola.

Neste questionário, estavam presentes à aula 25 estudantes, perguntamos inicialmente se eles já haviam participado de atividades experimentais lembrando que cada sequência proposta neste trabalho foi aplicada com turmas diferentes, e temos que 96% afirmaram já terem realizado atividades experimentais contra 4% que nunca haviam participado. Quanto ao fato de gostar de trabalhar com atividades experimentais 64% gostaram muito, 32% gostaram pouco e 4% não gostaram de realizar a atividade. Na questão 3 pedimos para eles o que mais gostaram de fazer na atividade e a grande maioria, cerca de 84%, citou o experimento realizado no ginásio e a construção do jornal mural, os demais não citaram claramente o que gostaram ou não gostaram.

Em relação ao fato de o conhecimento sobre a história do cientista despertar o interesse no tema estudado, a maioria disse acreditar que contribuiu para o aprendizado. Temos alguns comentários feitos pelos estudantes: “*Não sabia que a física podia nos trazer vários ensinamentos*”, “*Um experimento tem um significado por*

*traz*”. Através destes e outros comentários podemos notar que os estudantes conseguiram ver as relações que podem ser aprendidas nas aulas de física tornando-a deste modo mais interessante para eles.

Na questão 5 cerca de 86% dos estudantes acreditam que a realização desta atividade facilitou a aprendizagem. Comentaram em suas respostas que foi possível relacionar conhecimentos do dia a dia com os conceitos aprendidos nas aulas, conseguindo deste modo relacionar a teoria com a prática. Em relação à questão 6 foi solicitado para os estudantes explicarem como a pressão atmosférica influencia em nosso clima, e observando as respostas vemos que há ainda uma confusão entre os conhecimentos adquiridos. Alguns estudantes citaram que o nosso clima é influenciado pela densidade das camadas de ar se referindo ao vídeo assistido nos primeiros encontros, e outros justificaram essa influência em função das camadas da atmosfera e aos gases que a compõe.

Em relação à influência que sentimos sobre nós da pressão atmosférica, que estava na questão 7, as respostas foram diversas, entre elas: o clima, a nossa respiração em lugares de maior altitude, a gravidade, a densidade do ar entre outros. Por último, na questão 8, entre as diferenças que eles observaram entre os experimentos realizados por Gasparo Berti e Torricelli, destacamos as seguintes respostas: a densidade do material usado por cada um, e o fato de estarem inicialmente tentado solucionar o problema das bombas aspirantes e através do experimento que Torricelli realizou conseguiu determinar um valor para a pressão atmosférica ao nível do mar.

Assim, no decorrer dessa sequência didática (e das demais apresentadas anteriormente), os estudantes foram estimulados a agir e desafiados a responder os questionamentos de acordo com os seus entendimentos. A construção do conhecimento exigiu a participação da turma no contexto das atividades que foram sugeridas.

## 6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de trabalho foi buscar alternativas para o Ensino de Física, através de sequências didáticas para a 1ª série do ensino médio que despertassem o interesse e a atenção aos fenômenos.

Considerando os objetivos que tínhamos nesta proposta podemos realizar algumas observações importantes na construção e aplicação do produto educacional. Sabemos que é necessário despertar o interesse do estudante para o ensino da Física, que muitas vezes é vista como uma disciplina difícil e fora de contexto onde eles apenas precisam decorar algumas fórmulas. Pensando dessa forma, trabalhar com textos que trazem aspectos históricos onde é possível mostrar o caminho percorrido pelos cientistas na busca por respostas às questões do dia a dia. Além de trabalhar com aspectos históricos, organizaram-se roteiros para o desenvolvimento de experimentos, que os estudantes em grupos pudessem confrontar os conceitos estudados com os resultados obtidos, auxiliando na construção de um olhar crítico sobre os temas abordados.

Naturalmente no desenvolvimento do trabalho nos deparamos com algumas dificuldades como, por exemplo, nas sequências aplicadas no período noturno (Plano Inclinado e Pressão Atmosférica) a falta dos estudantes às aulas e chegadas atrasadas. Mas a principal dificuldade em todas as turmas, talvez tenha sido para os estudantes a visualização da Física de forma diferente, sem respostas prontas no final do livro didático, mas dinâmica e em constante movimento com a necessidade de interação, participação e sendo preciso se questionar a respeito, repensar e formular e construir o conhecimento do que estava sendo proposto em cada atividade apresentada.

Desta forma, confrontar os estudantes a esse conhecimento que possui, uma construção histórica, proporcionar a realização de experimentos, respondendo a questões sobre os dados encontrados, permite que eles se tornem parte ativa do processo de aprendizagem.

Para a construção das sequências didáticas, foram pesquisados artigos e livros de Física para o ensino superior, que contribuíssem para a construção de nosso referencial teórico e bibliográfico. Observamos também livros didáticos usados no

ensino médio, onde os conceitos abordados são vistos de forma mecânica e muitas vezes superficiais.

Encontramos nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio o seguinte entendimento sobre a física:

“A Física deve ser entendida como cultura, na medida em que a escola tem o dever de assegurar o acesso da população a uma parcela dos saberes produzidos. Não se trata, todavia, de abandonar os conteúdos ou partir para generalidades; os conteúdos devem ser explorados com rigor, mas devem passar por escolhas criteriosas e tratamento didático adequado, a fim de que não se resumam a amontoados de fórmulas e informações desarticuladas. Só a história não é suficiente, pois é necessário ir além do processo e compreendê-lo, para garantir a investigação.” (BRASIL, 2008, p.54,)

Sendo assim, a utilização de aspectos da história das ciências junto com a importância da realização de atividades experimentais, provocam uma reflexão sobre a construção do conhecimento científico tornando-se uma das principais ferramentas para uma aprendizagem significativa.

A teoria da Aprendizagem Significativa contribuiu no presente trabalho, nos trazendo uma reflexão da prática pedagógica adotada na construção do material. Cada aula foi planejada levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e sua pré-disposição em aprender.

Durante a aplicação das sequências didáticas pode-se notar nos estudantes um crescente interesse pelos temas abordados. No primeiro momento os estudantes mostraram-se tímidos e com certa insegurança de apresentar suas opiniões em aula, seja por escrito ou em debates que foram promovidos. A partir do momento em que começaram a realizar as atividades experimentais se tornaram mais curiosos e questionadores, muito embora a construção do conhecimento se desse de forma lenta e gradativa.

Pode-se considerar atingidos os objetivos que estavam presentes nas sequências didáticas, que aqui descrevemos através dos encontros realizados com as turmas, pois foi possível alcançar melhor compreensão dos conceitos estudados. Quando se consegue que o estudante se torne parte do processo de ensino, considerando inicialmente os conhecimentos que eles trazem consigo, os conceitos estudados passam a provocar sentidos e interação com os já existentes na estrutura cognitiva do estudante.

Ao abordar a física dessa forma permite-se aos estudantes que se sintam mais motivados e tenham a curiosidade aguçada. O uso de uma abordagem que apresente a física como uma construção histórica elaborada por cientistas que seguiram passos de outros vários, e a partir disso elaboraram experimentos confrontando-os com a formulação matemática da teoria, traz indicativos que sua utilização no processo ensino – aprendizagem apresenta benefícios aos estudantes.

Em relação aos resultados esperados, alcançá-los é um desafio difícil, mas não impossível. Em cada turma onde aplicamos as sequências didáticas obtivemos avanços ao final de cada etapa, com a maioria dos estudantes apresentando uma melhora significativa na participação e interação. Analisando a questão de eles conseguirem se posicionar e questionar, o avanço foi pequeno do que podemos concluir que é preciso de mais tempo com a aplicação de metodologias de ensino que priorizem a construção do conhecimento onde o estudante passa a ser o protagonista para obtermos resultados melhores.

A relação entre teoria e prática são trunfos a serem utilizados para contextualizar, questionar, investigar e construir o conhecimento de conceitos. Através de uma proposta de ensino que se diferencia pelo seu aspecto de buscar significado, entender o que o estudante traz consigo, pode-se refletir sobre a relação professor - aluno. Quando o professor deixa de ser sujeito que sabe e o aluno o que não sabe, é possível construir junto com os estudantes o conhecimento. Isso se dá através do diálogo entre as partes envolvidas neste processo. Como pesquisadora, vê-se que é possível trabalhar em sala de aula resgatando a curiosidade, o senso crítico e, através de um planejamento dinâmico, onde se utilizam vários recursos didáticos, o conhecimento se torna algo vivo presente, professor e estudante se tornam partes importantes no ensino aprendizagem.

Podemos afirmar que esta pesquisa terá continuidade, pois a partir dos resultados obtidos durante este trabalho nos foram fornecidos indicadores necessários para analisar a construção do conhecimento com a construção de metodologias alternativas, que podem ser aprimoradas e implementadas em outras turmas. Os conceitos tratados na 1ª série do Ensino Médio, bem como nas outras séries, estudados através de aspectos históricos, experimentos e investigação podem trazer o estudante para uma visão onde o conhecimento está em constante movimento podendo se tornar parte do processo de sua construção.

Assim está pesquisa se torna dinâmica podendo ser aprimorada a cada nova aplicação acrescentando novas ferramentas que contribuam para uma aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, Marta F., RUBINI, Gustavo, SILVA, Tatiana da. **Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 4, e4402, 2018

BRASIL. BNCC ensino médio. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf)> Acesso em: 20 dez 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais.** Brasília: MEC / SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** MEC/SEMTEC, Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** MEC/SEMTEC, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília. **PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ENSINO MÉDIO.** 2007.

BRITO, Armando A. de Sousa e. **Quem Tramou Robert Hooke?** Ciência & Tecnologia dos Materiais, Vol. 20, n.º 3/4, 2008.

DAVID. P. Ausubel, NOVAK. Joseph D., HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional.** Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 2ª ed.1980.

FONSECA, Deyzianne S. et al. **Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.34, n.1, p.64-108, abr. 2017.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra. 2001.

FOX, Robert W., McDONALD, Alan T. **Introdução a Mecânica dos Fluidos.** LTC editora. Rio de Janeiro.5ª ed. 2001.

GALILEU Galilei **Duas novas ciencias: incluindo: Da força de percussão;** tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R.Mariconda 2. ed. Rio de Janeiro: São Paulo: Museu de Astronomia e Ciências Afins; Nova Stella, 1988.

GAMOW, George. **Gravity**. Published by Anchor Books Doubleday & Company, New York, 1962.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física, volume 1: Mecânica**. Editora LTC. Rio de Janeiro. 10ª ed. 2016.

HAWKING, Stephen. **On the Shoulders of Giants**. Gra-Bretanha: Penguin Uk. 2003.

HIGA, Ivanilda. Odisséia. OLIVEIRA, Boaventura de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012. Editora UFPR.

LABURÚ, Carlos Eduardo, ALMEIDA, Chrystie Jacob. **Lei de Hooke: Uma comparação entre sistemas lineares**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.1: p. 71-81, abr. 1998.

LONGAIR, Malcolm **Theoretical Concepts in Physics**, Second Edition, Cambridge 2003.

LONGUINI, Marcos D. e NARDI, Roberto. **Origens Históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.19, n.1: p.64-75, abr. 2000.

LOPES, Artur Louback. **Como funciona o Bungee Jumping?** Super Interessante, Publicado em 18 abr 2011.

MARICONDA, Pablo Rubén. **Galileu e a Ciência moderna**. Caderno de Ciências Humanas – especiaria. V. 9, nº 16, jul/dez, 2006, p.267-292.

MARTINS, Roberto A. **Tratados Físicos de Blaise Pascal**. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, série 2, v.01, n. esp.,dez/1989.

MEDEIROS, Miguel A., SOUSA, Ozana G., MIRANDA, Issac R., SOUZA, Maiara. **Inércia no Ensino de Física**. Revista Desafios, v. 05, n.01, 2018

MORAES, Roque. GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva: Processo Reconstutivo de Múltiplas Faces**. Ciência & Educação, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS**. Aprendizagem Significativa em revista, Porto Alegre, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa subversiva**. Série- Estudos – Periódico do Mestrado em Educação UCDB Campo Grande – MS, n. 21, p. 1 – 200, jan./jun. 2006.

MOREIRA, Marco Antônio, OSTERMANN, Fernanda. **Sobre o Método Científico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 10, n.2: p.108-117, ago, 1993

MOYSÉS, Nussenzveig H. **Curso de Física básica 1- Mecânica**. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo. 4ª ed. 2002.

MOYSÉS, Nussenzveig H. **Curso de Física básica 2- Fluidos, Oscilações e Onda, Calor**. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo. 3ª ed. 1981.

PIETROCOLA, Maurício, et. al. **Física em Contextos 1: ensino médio**. 1ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

POPPER, Karl R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Editora Cultrix, 1985.

QUINTAL, João Ricardo. GUERRA, Andréia. **A história da ciência no processo ensino-aprendizagem**. Física na Escola, v. 10, n. 1, 2009.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência**. Fundação Alexandre de Gusmão, 2ª ed, Vol II. Brasília, 2012.

RICARDO, Elio Carlos. (2010). **Problematização e contextualização no ensino de física**. Em A. M. P. Carvalho (Org.), Ensino de Física (pp. 29- 51). São Paulo: Cengage Learning.

SÉRÉ, Marie- Geneviève. COELHO, Suzana Maria. NUNES, António Dias. **O Papel da Experimentação no Ensino da Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física., v.20, n.1: 30-42, abr. 2003.

SILVA, Dayson de Mello. **A natureza tem horror ao vácuo? Uma reflexão sobre o estabelecimento do peso do ar e a definição de pressão atmosférica**. Monografia Maringa, Paraná. 2013.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **A Filosofia de Karl Popper e suas Implicações no Ensino de Ciências**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, vol. 6, n. 2: p.148-162, ago,1989.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **Membrana de um balão: do que depende a pressão interna? Pergunte ao CREF- Apoio SEAD/UFRGS**. 2018.

SNYDERS, G. **Alegria na escola**. São Paulo: Editora Manole, 1988.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 4. ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1998.

## **ANEXO A – Produto Educacional: Sequências Didáticas de Física na Primeira Série do Ensino Médio através da Investigação Científica**

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

#### **APRESENTAÇÃO**

Este material tem por objetivo ser uma proposta para o desenvolvimento de alguns temas que preocupa o professor de física na 1ª série do ensino médio. Dada a necessidade de buscar alternativas para o ensino da física, elaboramos estas sequências didáticas que buscam despertar o interesse e a atenção aos fenômenos e mostrar como eles culminam em leis físicas através de construções lógicas, como as que os cientistas desenvolvem ao relacionar experimentos e relações matemáticas. Confrontar os estudantes a esse conhecimento, permitindo que eles próprios realizem, por exemplo, os experimentos e se tornem parte ativa do processo de aprendizagem, poderá contribuir para que compreendam que os conceitos e leis físicas estudadas surgiram a partir de uma necessidade de compreensão da natureza.

Os textos e experimentos propostos possuem uma linguagem simples e abordam conceitos abrangentes. Começamos as sequências pelo experimento do Plano Inclinado onde nosso objetivo é reconstruir o experimento de Galileu através do estudo de seus aspectos históricos. Em seguida falamos sobre a lei de Hooke, onde o estudante irá construir seu próprio dinamômetro e calcular a constante elástica de uma mola. No estudo da Pressão Atmosférica por meio de textos e atividades experimentais, é feita uma discussão histórica sobre o experimento que Torricelli realizou e qual sua importância. As sequências didáticas foram construídas considerando-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que nos serviu como referencial teórico e através de uma perspectiva da história das ciências.

Foi planejado cinco encontros para se trabalhar com o Plano Inclinado, quatro encontros para a Lei de Hooke e seis encontros para o tema Pressão Atmosférica. Para desenvolver as sequências tivemos a preocupação em selecionar e elaborar textos, usando matérias de baixo custo construir os equipamentos para a realização das atividades experimentais. Desta forma buscamos um material que colaborasse com o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Esperamos que esse produto possa auxiliar os professores e oferecer uma alternativa para trabalhar esses conceitos a partir de estratégias diferenciadas e motivadoras.

## **PLANEJAMENTO E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS**

A dinâmica que será abordada nesta proposta traz a aprendizagem significativa de Ausubel como aporte teórico, busca auxiliar e fazer uma reflexão sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula. As sequências apresentadas partem de um questionamento inicial, que pode trazer uma imagem ou um texto, para trabalhar com os conhecimentos prévios dos estudantes, onde eles resolvem esses questionários com base em suas concepções. Os textos trazem uma reflexão sobre como o conceito científico trabalhado se desenvolveu ao longo da história, como os cientistas buscaram responder as grandes questões de sua época, como por exemplo, no caso de Galileu quando tentou responder o problema do movimento de um corpo em queda livre através de seu plano inclinado. Em seguida são realizadas demonstrações ou experimentos, com auxílio de um roteiro, onde os estudantes podem observar fenômenos analisá-los de forma crítica. Após os experimentos os estudantes devem responder a um questionário, com o objetivo principal de guiá-los na construção de leis que descrevem os fenômenos observados experimentalmente. Por último, será feita avaliação dos estudantes.

Estudar a história da ciência, construir e desenvolver os experimentos, tentando recriá-los quando possível, observando as dificuldades pertinentes na sua realização e responder as questões que conduzem a modelos matemáticos que são resolvidos pela física é o nosso desafio nas sequências.

Com o uso desses recursos espera-se proporcionar o debate, a reflexão, a investigação com o desenvolvimento dos experimentos, além de tornar o estudante um agente ativo na construção do conhecimento.

No Quadro 1, a seguir, representamos de forma panorâmica o cronograma das intervenções didáticas propostas.

Quadro 1: mostra de sequências didáticas propostas

<b>Plano Inclinado</b>		
<b>Encontro</b>	<b>Atividade</b>	<b>Objetivos</b>
Encontro 1: 45 min	Em primeiro momento fazer a leitura do texto “O movimento segundo Aristóteles”, e aplicar as questões que devem ser respondidas individualmente. Em seguida fazer a leitura do texto “Galileu o pai da ciência” com questões que podem ser respondidas em grupos, para facilitar o debate e a reflexão sobre os textos.	Este primeiro encontro tem por objetivo inserir o estudante no contexto que será estudado, e refletir sobre quais são as concepções prévias que eles trazem a respeito de movimento e como este conceito evoluiu ao longo dos anos.
Encontro 2: 45 min	Demonstração do experimento no plano inclinado, que será posteriormente realizado pelos estudantes. Através desta demonstração resolver questões sobre como ocorreu o movimento, se houve aceleração ou se o movimento foi constante. Em seguida fazer a leitura do diálogo entre Salviati e Simplicio sobre o experimento do plano inclinado, esta parte foi retirada do livro de Galileu Duas novas Ciências. No término da leitura questionar sobre a possível realização do experimento.	Pretende-se neste encontro aguçar a curiosidade do estudante em relação a realização do experimento, bem como estudar concepções históricas sobre o movimento em um plano inclinado.
Encontro 3: 90 min	Realizar o experimento do plano inclinado, neste momento o professor entregará aos estudantes, em grupos, um roteiro do desenvolvimento da atividade, com uma sequência de passos para os grupos se guiarem.	Espera-se neste encontro observar o movimento no plano inclinado, calcular o valor da velocidade da esfera ao longo da descida no plano. Constatar que o movimento é uniformemente variado e desenvolver o conceito de aceleração constante.
Encontro 4: 90 min	Dar continuidade ao experimento do plano inclinado. Neste encontro os estudantes devem terminar de desenvolver o roteiro entregue no encontro anterior responder e analisar questões sobre o que se observou no decorrer do experimento. Ao final do encontro os estudantes devem responder	Discutir sobre o movimento uniformemente acelerado, analisar as principais dificuldades enfrentadas para a realização do experimento em sala de aula.

	um questionário com uma avaliação da atividade proposta.	
Encontro 5: 45 min	Neste encontro será construído um mapa conceitual que de acordo com a aprendizagem significativa é um recurso de avaliação. E responder uma atividade avaliativa sobre como os estudantes sentiram a aplicação dessa proposta, que servira de parâmetro para nossos resultados ao final da sequência.	A avaliação em forma de mapa conceitual tem como principal ideia avaliar o que o estudante sabe em termos de conceituais, isto é, como ele estrutura os conceitos estudados.
<b>Lei de Hooke</b>		
Encontro 1: 45 min	Em um primeiro momento observar imagens e responder questões sobre qual força está sendo aplicada em cada imagem. Fazer a leitura do texto “História sobre Robert Hooke” e pesquisar sobre quais foram as principais contribuições para a ciência que este cientista desenvolveu.	Investigar quais são os conhecimentos prévios dos estudantes a cerca da força elástica, e a partir disso começar a introduzir os aspectos históricos relevantes neste conceito.
Encontro 2: 45 min	Construir o aparelho que será utilizado no desenvolvimento da atividade experimental, pesquisar sobre o uso do dinamômetro. Rever o conceito de Peso de um corpo	Observar a capacidade que este grupo de estudante tem em se organizar e construir um equipamento com materiais de baixo custo.
Encontro 3: 90 min	Entregar um roteiro para o desenvolvimento do experimento com o dinamômetro, responder as questões que se apresentam.	Verificar experimentalmente como encontrar o valor da constante elástica de uma mola, com o uso de um dinamômetro.
Encontro 4: 90 min	Inicialmente neste encontro realizar um debate sobre o experimento. Fazer a leitura do texto “Lei de Hooke”, com essa leitura responder alguns exercícios. Para atividade avaliativa usar novamente as imagens do primeiro encontro, solicitar que façam relação delas com os conceitos estudados e pensar em mais três relações onde a força elástica é empregada. Para fechar os encontros responder uma atividade avaliativa sobre como os estudantes	Obter através da atividade experimental o conceito de constante elástica da mola e sua relação com a força elástica.

	sentiram a atividade e quais conceitos foram compreendidos.	
<b>Pressão Atmosférica</b>		
Encontro 1: 45 min	Em um primeiro momento usar imagens sobre as camadas da atmosfera, questionar os estudantes sobre o que conhecem a respeito delas. Fazer a leitura do texto “Camadas da atmosfera”. Assistir um vídeo que trata do tema e responder questões sobre o que compreenderam.	Este primeiro encontro tem por objetivo inserir o estudante nos conceitos que serão abordados. Os questionários também servem de conhecimentos prévios sobre o tema que será explorado.
Encontro 2: 45 min	Realizar duas atividades experimentais, com uso de material de baixo custo, que buscam a reflexão sobre a pressão exercida pelo ar.	Compreender através de atividades experimentais que o ar tem peso e exerce pressão.
Encontro 3: 90 min	Fazer a leitura do texto “Pressão atmosférica – aspectos históricos”. Realizar o experimento da Pressão atmosférica e responder um questionário sobre o que foi observado.	Refletir sobre concepções históricas na construção do conceito de pressão atmosférica. Observar experimentalmente como um fluido se comporta em uma coluna.
Encontro 4: 45 min	Rever conceitos de densidade de um fluido e pressão, para facilitar a compreensão da atividade experimental do encontro anterior. Através destes conceitos construir com o uso de questões relações matemáticas, que contribuíram para os estudantes refletirem, sobre o conceito da pressão atmosférica.	Relacionar os conceitos observados no experimento refletir sobre o experimento realizado por Torricelli sobre a pressão atmosférica.
Encontro 5: 45 min	Inicialmente conduzir um breve debate sobre as questões de pesquisa do encontro anterior. Fazer a leitura do texto “Investigando a pressão atmosférica”, responder questões sobre os conceitos estudados.	Pretende-se que o estudante tenha condições de responder as questões propostas e refletir sobre a pressão atmosférica.
Encontro 6: 90 min	Construir um jornal mural, onde os estudantes devem sintetizar os conceitos de pressão atmosférica estudados, e fazer relação com a construção histórica desse conceito. Responder uma atividade	Espera-se com esta atividade que os estudantes consigam construir relações entre os conceitos estudados ao longo

	avaliativa sobre como os estudantes sentiram a aplicação desta proposta.	dos encontros e sintetizá-los no jornal mural.
--	--	--

A seguir, são descritas com mais detalhes as dinâmicas utilizadas em cada encontro que compõe as sequências, com os textos, detalhamento dos equipamentos construídos e roteiros usados nas atividades experimentais.

## **PLANO INCLINADO – CINEMÁTICA**

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 1

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Conceitos introdutórios sobre movimento, considerando a história da ciência.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Apresentar ao estudante como o conceito de movimento evoluiu desde Aristóteles até Galileu.

Recursos: Textos entregues impressos, e questões entregues impressas aos estudantes.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Fazer a leitura do texto que traz o movimento segundo Aristóteles, e após aplicar um questionário aos estudantes, este tem por objetivo investigar as concepções prévias a respeito do movimento.</p>

## Texto 1: O movimento segundo Aristóteles<sup>4</sup>

Desde a antiguidade busca-se explicar a causa do movimento dos corpos. Aristóteles (384 – 322 a.C.) investiga os princípios, as causas e a natureza dos seres que são seu objeto de estudo.

Para ele o movimento estava ligado ao princípio de mudança, os corpos que possuíam matéria estavam submetidos às mudanças. Para objetos inanimados como, por exemplo, uma pedra seu movimento natural era para baixo, assim ela jamais se move para cima, pois seu lugar é na Terra então naturalmente ela procura o seu lugar. Visto que lugar natural nesta concepção é o primeiro limite que possa conter o objeto, por exemplo, na região terrestre os seus objetos podem aumentar suas potencialidades, de modo que os corpos tendem ao retorno de seu lugar natural.

Aristóteles acreditava que o movimento dos corpos era diretamente proporcional a força exercida e inversamente proporcional à resistência ao movimento, que se deve principalmente a sua massa. Para Aristóteles toda mudança implicava que o movimento é concebido como um efeito que irá cessar quando for cessada a causa, ou seja, tudo que é movido deve ser movido por algo.

### Questões para os estudantes

De acordo com a sua concepção do assunto, responda individualmente as seguintes questões:

1. Qual o seu entendimento sobre movimento? Ele está de acordo com o entendimento de Aristóteles? Explique.
2. Descreva o movimento de queda de um objeto, quais fatores estão presentes neste movimento?
3. Faça o seguinte experimento e anote o que você observar:

---

<sup>4</sup> Encontramos em MOYSÉS,. Curso de Física básica 1- Mecânica (2002) e ROSA,. História da Ciência (2012), um pouco da história do movimento segundo a visão de Aristóteles.

- Solte de uma mesma altura uma folha horizontal e um lápis. Qual você acredita chegar antes ao solo?
  - Amasse uma folha de caderno e solte esta folha amassada e uma na horizontal da mesma altura. O que acontece? Por quê?
4. De acordo com o observado no experimento acima, você poderia dizer que corpos mais pesados, largados da mesma altura, chegam antes ao solo que corpos com menos massa. Procure justificar sua resposta com base em seus conhecimentos e no que foi observado.

#### Atividade 2

Sugestão ao professor:

Leitura do texto sobre Galileu Galilei, que traz as concepções iniciais sobre movimento de acordo com aspectos históricos. A partir dessa leitura espera-se despertar o interesse do estudante no estudo do movimento, que de acordo com a teoria da aprendizagem significativa a predisposição em aprender é um fator importante. Após a leitura do texto os estudantes podem se reunir em grupos (sugere-se três por grupo), e refletir sobre fatos relevantes vistos nos textos 1 e 2 que contribuíram para a compreensão do movimento de acordo com Galileu.

### Texto 2: Galileu o pai da ciência<sup>5</sup>

Galileu Galilei nasceu na cidade de Pisa em 1564, mesmo ano da morte do pintor e escultor Michelangelo Buonarrotti e do nascimento do dramaturgo inglês William Shakespeare. Galileu defendia que a Terra girava ao redor do Sol, que para a época parecia ser uma ideia muito estranha.

Segundo diz a história Galileu estava assistindo uma cerimônia na catedral de Pisa, onde observou um lustre que oscilava no teto, controlando o tempo com seus batimentos cardíacos verificou que o intervalo de oscilação era sempre o mesmo não importava a amplitude do movimento. Ele decidiu verificar esta observação casual

---

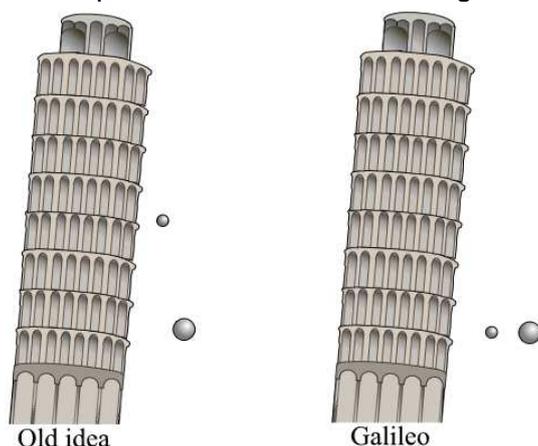
<sup>5</sup> Encontramos em, LONGAIR Theoretical Concepts in Physics, (2003), MOYSÉS, Curso de Física básica 1- Mecânica (2002) e GAMOW, Gravity (1962) a descrição sobre as concepções de Galileu sobre o movimento.

usando uma pedra suspensa em uma corda e medindo o período de balanço contando o dele, o período permaneceu quase sempre o mesmo.

Utilizando pedras de tamanhos diferentes pesos e cordas de diferentes comprimentos, esses estudos o levaram a uma surpreendente descoberta. Embora o período de oscilação dependesse do comprimento da corda (sendo cordas mais longas) era bastante independente do peso da pedra suspensa. Essa observação foi definitivamente contraditória com o dogma aceito de que os corpos pesados são mais rápidos do que os mais leves.

Se objetos leves e pesados suspensos em cordas de igual comprimento e desviados pelo mesmo ângulo tomam tempo igual para descer, então eles também devem ter igual tempo para descer se cair simultaneamente a partir da mesma altura. Para provar este fato a adeptos contrários a escola Aristotélica, Galileu (ou um aluno seu) suspostamente subiu a Torre de Pisa (figura 1) e soltou dois pesos, um leve e um pesado, que atingiram o chão ao mesmo tempo, para o grande espanto de seus oponentes. Parece não haver prova que isso realmente ocorreu, mas o fato é que Galileu foi o homem que descobriu que a velocidade da queda livre não depende da massa do corpo em queda.

Figura 1: Comparativo entre as ideias antigas e o experimento realizado por Galileu.



Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Pisa\\_experiment.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Pisa_experiment.png)

Estes experimentos contradiziam as ideias de Aristóteles que dizia, se um de dois objetos com massa dez vezes maior que o outro fossem soltos ao chão de uma mesma distância, um chegaria ao chão ao mesmo tempo em que o outro percorreria apenas um décimo da distância.

Galileu também é conhecido por sua celebre disputa com a igreja, que o condenou por acreditar que a Terra não estava no centro do universo, mas nem tudo é como parece ser. Apesar de não ter inventado o telescópio ele foi o primeiro a aponta-lo para o Céu, e foi através desse fato que Galileu percebeu que o heliocentrismo de Copérnico era muito mais lógico que o geocentrismo.

### Questões para os estudantes

1. Observe que os textos 1e 2 trazem brevemente as concepções de Aristóteles e Galileu sobre o movimento. Descreva quais são as principais diferenças entre as concepções de movimento entre eles?
2. Que tipo de observação e medida Galileu realizou na Catedral? Qual o resultado?
3. Uma pedra e uma bolinha de papel caem em tempos diferentes? Explique.
4. Galileu é conhecido por desenvolver o método científico. Explique a sua importância para o desenvolvimento da física.

"Fechamento"
Sugestão ao professor: Para finalizar estas atividades iniciais fazer um debate onde cada grupo irá expor as respostas. Isso é feito para observar quais conhecimentos foram internalizados pelos estudantes, e quais são os pontos que ainda não foi possível construir o conhecimento.

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 2

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Aspectos históricos sobre o experimento do plano inclinado

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Compreender as concepções históricas do movimento em um plano inclinado.

Recursos: Equipamento construído do Plano inclinado, textos e questões impressas.

Atividade 1
-------------

Sugestão ao professor:

Realização do experimento do plano inclinado, mas apenas na forma de demonstração, onde o professor irá trazer um plano inclinado e fazer uma esfera descer neste plano, que não possuirá marcações alguma. A partir desta demonstração, a qual não será realizada nenhuma explicação sobre o que esta acontecendo, será entregue aos estudantes um questionário que será resolvido individualmente. Este questionário serve como conhecimentos prévios sobre o tema que iremos estudar.

### Questões para os estudantes

1. Você acredita que a bola realizou a trajetória sempre com a mesma velocidade? O que aconteceu no decorrer da descida?
2. O que significa descrever um movimento?
3. Explique, com suas palavras, o que é velocidade?
4. Houve aceleração ao longo da descida? Explique.
5. Escreva brevemente o que você conhece a respeito de Galileu Galilei.

Atividade 2
-------------

Sugestão ao professor:

Leitura de um texto que contém uma parte retirada do livro *Duas Novas Ciências*, escrito por Galileu nos seus anos de reclusão. O livro é apresentado em forma de diálogo entre três personagens Simplicio (simpatizante de Aristóteles), Sagredo (ávido em conhecimento novo) e Salviati (porta-voz de Galileu), diálogo que trata dos movimentos uniforme e acelerado. Esse diálogo diz respeito ao experimento do plano inclinado, vamos ver uma parte que trata do diálogo entre Salviati e Simplicio, onde discutem a trajetória de uma pedra abandonada do alto de um mastro.

### Texto: Diálogo entre Salviati e Simplicio

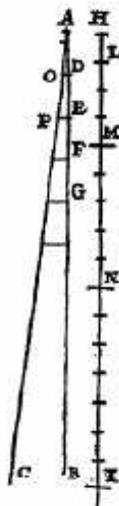
Inicialmente precisamos saber que no início dos anos 1600, Galileu realizou investigações experimentais sobre as leis da queda livre, de bolas rolando para encostas e o movimento de pêndulos, os resultados esclarecem o conceito de aceleração.

Dialogo entre Simplicio e Salviati:

*Simplício: Estou plenamente convencido de que as coisas se passam assim, uma vez enunciada e aceita a definição do movimento uniformemente acelerado. Mas, se essa é aceleração da qual se serve a natureza no movimento de queda dos graves, tenho no momento minhas dúvidas(...). (Araujo Filho, 1998, p.7; Galileu, 1986, p 139)*

*Salviati: Como verdadeiro homem de ciência, sua exigência é muito razoável; pois é assim que convém proceder nas ciências, que aplicam as demonstrações matemáticas aos fenômenos naturais (...) encontrei-me muitas vezes em sua companhia, procurando tal prova da seguinte maneira.*

*“Numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado a três dedos do outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com um pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida para ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando-se sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer a bola pela canaleta, anotando como explorei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo esta experiência muitas vezes para a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte da batida de pulso. Feita a estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas a quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medindo o tempo de queda, resultava ser rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer a metade, ou dois terços ou três quartos, ou qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, **sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si com os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola.** (crivo, nosso)*



Desenho original de Galileu

### Sugestão de questão para os estudantes

- ✓ Note que no texto temos uma breve descrição do experimento, mas será que Galileu realmente realizou este experimento? Escreva em seu caderno a sua opinião sobre este experimento e se você acredita ser possível realizá-lo?

#### Dica ao professor:

Galileu queria descobrir a lei que governa o movimento acelerado, mas estudar a queda livre era inviável, pois está se dava de maneira muito rápida. Para contornar essa dificuldade, ele usou um plano inclinado que, de certa forma, atenuava a aceleração do corpo. Por meio do experimento do plano inclinado, Galileu foi capaz de medir a distância percorrida na medida em que a bola rolava continuamente pela inclinação, entre posições demarcadas por cliques, tomar essas diferenças e calcular a velocidade média entre os cliques sucessivos. Descobriu que distância percorrida em intervalos iguais é que aumentava nas razões 1, 3, 5, 7... Por exemplo, no primeiro intervalo percorria 1 (uma unidade de comprimento), entre o primeiro e o segundo intervalo percorria mais 3, entre o segundo e o terceiro intervalo mais 5 e assim por diante. Logo, a distância total percorrida era proporcional ao quadrado do intervalo. Exemplo, após 3 intervalos percorreu-se  $1+3+5=9=3^2$ . Galileu observou que isso valia para qualquer inclinação e, portanto, pode ser extrapolado para a queda livre, mas para nosso experimento iremos utilizar cinco partes ao longo do plano para melhor visualização pelo estudante. Galileu acreditava originalmente que, sob constante aceleração, a velocidade era proporcional à distância percorrida, mas como resultado dessas experiências, ele descobriu que a velocidade é proporcional ao tempo.

## PLANO DE AULA DO ENCONTRO 3

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Velocidade média e relação de Galileu para o movimento uniformemente acelerado.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Observar o movimento de um objeto em um plano inclinado;
- ✓ Determinar o valor da velocidade da esfera ao longo do plano inclinado;
- ✓ Envolver os estudantes no desenvolvimento da atividade experimental;
- ✓ Explorar os conceitos do movimento que Galileu realizou com este experimento.

Recursos: Plano inclinado, roteiro para a construção do experimento.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Neste encontro será entregue aos estudantes um roteiro para a realização do experimento. Esta atividade deverá ser feita em grupos, sugerimos três estudantes por grupo, buscamos assim uma interação entre eles e mesmo um debate sobre os dados colhidos no decorrer da atividade, no primeiro momento será calculado através do experimento o valor da velocidade da esfera ao longo do plano inclinado.</p>

### **Roteiro para execução do experimento Plano Inclinado**

Escola.....

Alunos:.....

Data:.....

Materiais necessários:

1. Rampa de comprimento 130 cm com suporte para elevação em um dos lados;
2. Esfera;
3. Trena;
4. Transferidor;

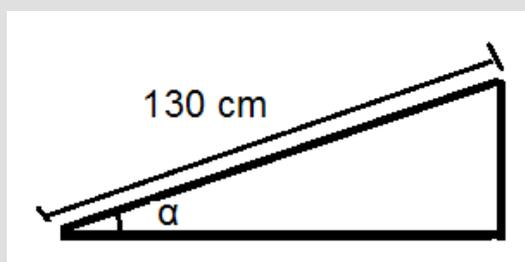
5. Cronometro (preferencialmente com dispositivo automático para marcar início e fim).

Objetivo do experimento:

Este experimento tem como objetivo reproduzir as medidas realizadas por Galileu em seu estudo do movimento de queda livre dos corpos em planos inclinados.

**Dica ao professor:**

Para esta atividade vamos usar um plano inclinado com 130 cm de comprimento, neste será utilizada uma rampa e será feito cinco posições para as marcações do tempo.



Com o uso do transferidor é possível obter inclinações diferentes, no nosso caso utilizaremos as inclinações correspondentes aos ângulos de  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  e  $45^\circ$ .

Na rampa as medidas serão feitas de 25 cm em 25 cm, para facilitar a observação dos valores de velocidade e aceleração que serão nosso objeto de estudo. Ficando desta forma as medidas em: posição 1 – 25 cm; posição 2 – 50 cm; posição 3 – 75 cm; posição 4 – 100 cm; e posição 5 – 125 cm.

Para esta atividade ser realizada em sala o professor deve solicitar que a construção do equipamento usado no experimento seja feito em horário extraclasse.

**Descrição do equipamento**

- ✓ 3 pedaços de madeira medindo 130 cm de comprimento, sendo duas delas com 6 cm de largura e a terceira 5,5 cm de largura.
- ✓ 2 pedaços de madeira medindo 70 de comprimento e 6 cm de largura, e duas com 4 cm de comprimento e 6 cm de largura para o suporte de elevação.
- ✓ Um parafuso de 10 mm diâmetro.
- ✓ Um transferidor para marcar as inclinações desejadas.
- ✓ Trena.
- ✓ Cano de PVC 20 mm com 10 cm de comprimento.
- ✓ Pregos.
- ✓ Cola quente.

## Montagem

Unir com os pregos os pedaços de madeira com 130 cm de comprimento para formar uma rampa, o pedaço de madeira com menor largura deve ser usado entre os outros dois pedaços de madeira para formar uma canaleta. Com a rampa construída cole, usando a cola quente, a trena em um dos lados da rampa, conforme a imagem abaixo:

Imagem da rampa:



Para construir o suporte use os pedaços de madeira de 70 cm de comprimento e as duas de 4 cm de comprimento com o uso de pregos. Monte a estrutura conforme a imagem abaixo:

Imagem do suporte



Com a estrutura construída use o transferidor e com a rampa, meça os ângulos desejados (no nosso caso ângulos de 15°, 30° e 45°), faça as marcações no suporte e fure o suporte, por onde será colocado o parafuso. Observe a imagem de como a estrutura deve ficar no final do processo.

Imagem do equipamento



Para marcar as posições onde a esfera deve parar, vamos usar um pedaço de cano de PVC, com um prego no meio.

Imagem do cano – ou da estrutura segurando a esfera.



### Procedimento experimental

- ✓ Escolher uma inclinação do plano inclinado entre  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  e  $45^\circ$ . Inicialmente vamos utilizar a inclinação  $15^\circ$ .
- ✓ Para cada inclinação largue a esfera partindo do repouso e da origem e meça o intervalo de tempo para atingir cada uma das cinco posições marcadas.
- ✓ Para cada posição repita o procedimento cinco vezes e marque e calcule o tempo médio em segundos.

Observação: o cálculo do tempo médio é útil para minimizar erros de medidas.

- ✓ Anote os resultados nas tabelas a seguir:

Posição 1 no plano inclinado.

$x_1$ (m)	$t_1$ (s)	$t_1^2$ (s <sup>2</sup> )

Posição 1 $x_1 =$	Média de $t_1 (s) =$	Média de $t_1^2 (s^2) =$

Posição 2 no plano inclinado.

$x_2 (m)$	$t_2 (s)$	$t_2^2 (s^2)$
Posição 2 $x_2 =$	Média de $t_2 (s) =$	Média de $t_2^2 (s^2) =$

Posição 3 no plano inclinado.

$x_3 (m)$	$t_3 (s)$	$t_3^2 (s^2)$
Posição 3 $x_3 =$	Média de $t_3 (s) =$	Média de $t_3^2 (s^2) =$

Posição 4 no plano inclinado.

$x_4 (m)$	$t_4 (s)$	$t_4^2 (s^2)$
Posição 4 $x_4 =$	Média de $t_4 (s) =$	Média de $t_4^2 (s^2) =$

Posição 5 no plano inclinado.

$x_5$ (m)	$t_5$ (s)	$t_5^2$ (s <sup>2</sup> )
Posição 5 $x_5 =$	Média de $t_5$ (s) =	Média de $t_5^2$ (s <sup>2</sup> ) =

### Responda

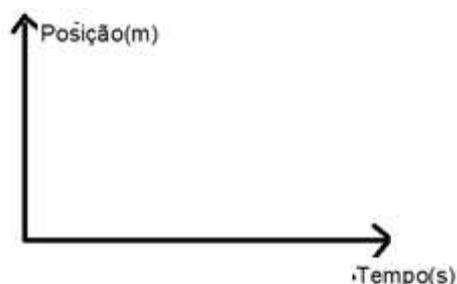
1. Quais são as principais fontes de erro neste experimento?

---



---

2. Construa o gráfico da distância versus tempo usando os valores médios encontrados nas tabelas.



3. O que é possível observar no gráfico, com qual curva se assemelha o gráfico que foi construído (parábola ou reta)?

---



---

#### Dica ao professor:

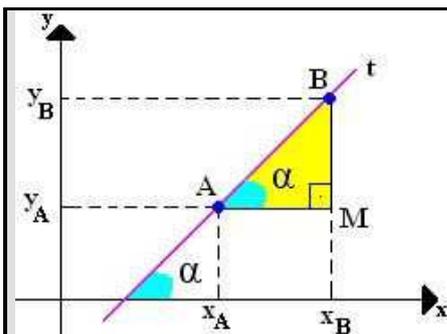
Através a construção gráfica posição versus tempo, que será realizado com os dados encontrados na tabela, vai utilizar os conceitos de coeficiente angular da reta, para determinar o valor da velocidade em cada posição e a velocidade média da esfera no plano inclinado.

Note que deve-se usar a distância entre dois pontos, já que o gráfico construído é uma parábola.

Observação: Esta atividade pode ser feita de forma interdisciplinar com o professor de matemática.

#### Coefficiente angular da reta

Inicialmente vamos observar o gráfico abaixo



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/calculo-coeficiente-angular.htm>

Observe que na figura temos o triângulo AMB e seu ângulo  $\alpha$ , temos neste caso um triângulo retângulo com  $x_B - x_A$  cateto adjacente e  $y_B - y_A$  cateto oposto ao ângulo.

Sabemos que:

- O coeficiente angular de uma reta é o mesmo que a declividade.
- A função tangente é calculada pela razão do cateto oposto pelo cateto adjacente.

Assim podemos dizer que o coeficiente angular é dado por:

$$m = tg\alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Desta forma voltando ao nosso gráfico encontrado teremos:

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

4. Calcule os coeficientes angulares:

$$v_1 = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0}$$

$$v_2 = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0}$$

$$v_3 = \frac{x_3 - x_0}{t_3 - t_0}$$

$$v_4 = \frac{x_4 - x_0}{t_4 - t_0}$$

$$v_5 = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0}$$

5. Observando os valores encontrados o que você pode dizer em relação ao movimento de rolagem da esfera no plano inclinado? A velocidade da descida é constante ou aumenta com o tempo?

---



---

6. Calcule o coeficiente angular médio das posições:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0}$$

7. O que esse valor encontrado significa?

---



---

### Velocidade Média

Observando o movimento da esfera ao longo do plano inclinado temos que ele se desloca da posição  $x_1$  até a posição  $x_2$ , na sequência da posição  $x_2$  até a posição  $x_3$ . No instante  $t_1$  a esfera se encontrava na posição  $x_1$ , no instante  $t_2$  na posição  $x_2$ . No intervalo de tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$  a variação da posição será  $\Delta x = x_2 - x_1$ . Assim determinamos a velocidade da esfera nesse intervalo de tempo.

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_5 - x_0}{t_5 - t_0}$$

Esse valor corresponde em nosso experimento à inclinação do gráfico.

✓ Tendo em vista a obtenção de um modelo matemático representado por uma fórmula construa a seguinte tabela:

Quadrado dos tempos	Razão entre a distância (posição) e o quadrado do tempo
$t^2$	$x/t^2$

1. Observe que as razões entre a distância percorrida e o quadrado do tempo apresentam valores próximos. Próximos a quanto?

---



---

Observe que está experiência realizada se assemelha ao que Galileu buscou. Ele mediu em seu experimento o tempo gasto para a esfera percorrer o plano todo, depois mediu o tempo gasto para a esfera percorrer um quarto do plano, verificando que o tempo do segundo percurso era metade do primeiro, mediu também o tempo para percorrer metade do plano, obteve um tempo igual ao primeiro dividido por  $\sqrt{2}$ . (Pietrocola et al, 2016)

Através dessas medidas chegou a seguinte relação:

$$1^{\text{a}} \text{ medida} = \frac{\Delta x}{t^2}$$

$$2^{\text{a}} \text{ medida} = \frac{\frac{\Delta x}{4}}{\left(\frac{t}{2}\right)^2} = \frac{\Delta x}{4} \cdot \frac{4}{t^2} = \frac{\Delta x}{t^2}$$

$$3^{\text{a}} \text{ medida} = \frac{\frac{\Delta x}{2}}{\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{\Delta x}{2} \cdot \frac{2}{t^2} = \frac{\Delta x}{t^2}$$

Desta forma podemos ver que independente do percurso, a relação de espaço percorrido e tempo ao quadrado se mantém constante. Isso era o que Galileu procurava, um padrão que pudesse ser representado em linguagem matemática.

**Dica ao professor:**

Relembre o movimento uniforme e busque diferenciá-lo do movimento uniformemente variado.

**Movimento Uniforme**

Quando um móvel se desloca com uma velocidade constante, diz-se que este móvel está em um movimento uniforme (MU). Particularmente, no caso em que ele se desloca com uma velocidade constante em trajetória reta, tem-se um movimento retilíneo uniforme.

Uma observação importante é que, ao se deslocar com uma velocidade constante, a velocidade instantânea deste corpo será igual à velocidade média, pois não haverá variação na velocidade em nenhum momento do percurso.

PLANO DE AULA DO ENCONTRO 4

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Aceleração média, movimento uniformemente acelerado.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Determinar o valor da aceleração da esfera ao longo do plano inclinado;
- ✓ Confirmar experimentalmente que o movimento de objetos em queda livre é uniformemente acelerado.

Recursos: Tabelas construídas na atividade anterior, lista de exercícios.

## Atividade 2

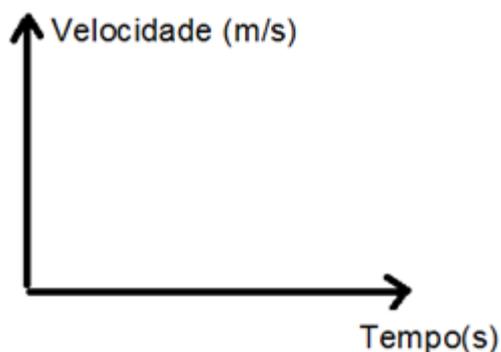
Sugestão ao professor:

Como continuidade serão utilizados os dados encontrados no experimento para determinar o valor da aceleração da esfera no plano inclinado. E com o equipamento plano inclinado construído os estudantes irão repetir o experimento agora usando as inclinações 30° e 45°, comparando os valores da velocidade e aceleração encontrados nas três inclinações utilizadas.

- ✓ Construa a seguinte tabela com os valores da velocidade, calculado anteriormente, e suas respectivas variações do tempo.

Velocidade (m/s)	Tempo médio (s)
$v_0 = 0$	$t_0 = 0$
$v_1 =$	$t_1 =$
$v_2 =$	$t_2 =$
$v_3 =$	$t_3 =$
$v_4 =$	$t_4 =$
$v_5 =$	$t_5 =$

- ✓ Construa o gráfico da velocidade versus tempo:



- ✓ O gráfico construído se aproxima de que tipo de curva (parábola ou reta).
- ✓ De acordo com o coeficiente angular da reta determine:

$$\alpha_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0}$$

$$\alpha_2 = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

$$\alpha_3 = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2}$$

$$\alpha_4 = \frac{v_4 - v_3}{t_4 - t_3}$$

$$\alpha_5 = \frac{v_5 - v_4}{t_5 - t_4}$$

- ✓ Determine o coeficiente angular médio da reta:

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_5 - v_0}{t_5 - t_0}$$

## Aceleração

O conceito físico de aceleração difere um pouco do conceito que se tem no cotidiano. Na física, acelerar significa basicamente mudar de velocidade, tanto a tornando maior, como também menor. Já no cotidiano, quando pensamos em acelerar algo, estamos nos referindo a um aumento na velocidade.

O conceito formal de aceleração é: a taxa de variação de velocidade numa unidade de tempo, então como unidade teremos:

$$\frac{\text{velocidade}}{\text{tempo}} = \frac{m/s}{s} = \frac{m}{s^2}$$

De acordo como o observado no experimento podemos dizer que a esfera possui um movimento variado com aceleração aproximadamente constante.

A aceleração que encontramos no decorrer do experimento é uma aceleração média da esfera ao longo do plano inclinado, pois estamos usando os valores da velocidade inicial como sendo zero e a velocidade encontrada no final de cada percurso.

- ✓ Reflita sobre quais fatores influenciaram para determinar a aceleração da esfera.

- 
- 
- 
- ✓ Sobre o valor encontrado podemos dizer que é aproximadamente constante? Se não quais foram os fatores que você acredita terem influenciado para o experimento não apresentar as mesmas conclusões que Galileu encontrou?

- 
- 
- 
- ✓ Use agora esferas de “pesos distintos” meça o tempo para percorrer o plano inclinado. Compare esse valor com o encontrado anteriormente. Qual esfera fez o percurso mais rápido?

- 
- 
- 
- ✓ Após a realização do experimento do plano inclinado, qual em sua opinião era o objetivo de Galileu em realiza-lo?

- 
- 
- 
- ✓ Explique quais conclusões é possível obter em relação ao experimento. O movimento observado pode ser descrito com movimento uniformemente variado? Por quê?
- 
- 
- 

## PLANO DE AULA DO ENCONTRO 5

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Atividade de avaliação, mapa conceitual.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Observar os conceitos aprendidos ao longo da sequência de ensino;

Recursos: Mapa conceitual, questionário de avaliação da atividade.

Atividade – Avaliação
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Para esta atividade avaliativa o professor irá solicitar aos estudantes a construção de um mapa conceitual. A avaliação através deste recurso não tem objetivo em classificar o estudante ou dar uma nota, mas possui objetivo de obter informações em termos conceituais. Os mapas conceituais se constituem em uma maneira de visualização entre as relações existentes e os conceitos sendo uma maneira de exteriorizar o que o estudante já sabe.</p> <p>Assim os estudantes em duplas deverão construir um mapa conceitual que contemple os conceitos estudados nesta sequência.</p> <p>Para finalizar a atividade o professor entregará para cada estudante um questionário para fins de avaliar como os estudantes sentiram a atividade e como se deu a construção do conhecimento.</p>

### Questionário de avaliação da atividade

1. Você já participou de atividades experimentais?
  - a) Sim ( )
  - b) Não ( )
2. Você gostou de trabalhar com experimentos?
  - a) Gostei pouco ( )
  - b) Não gostei ( )
  - c) Gostei muito ( )
3. Durante as atividades o que você mais gostou e que menos gostou.
 

Mais gostei \_\_\_\_\_

Menos gostei \_\_\_\_\_
4. Conhecer a história do cientista e o porquê ele desenvolveu tal teoria, ajudou a despertar seu interesse no tema estudado? Comente sua resposta.
 

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_
5. Você acredita que a sua aprendizagem nos conceitos de física pode ser facilitada na realização dessa atividade? Comente sua resposta.
 

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. O que você pode dizer em relação à velocidade de queda de um objeto na superfície da Terra?

---

---

7. Um ônibus viaja de Chapecó a Florianópolis, gastando cerca de 7,5 h. Qual a velocidade média deste ônibus, sabendo que a distância percorrida é de 580 km? Isso significa que o ônibus permaneceu o tempo todo com essa velocidade? Qual o significado da velocidade média?

---

---

8. De acordo com Aristóteles os corpos tendem ao seu lugar natural, assim para ele corpos “mais pesados” caem mais rapidamente que corpos “menos pesados”. Você concorda com Aristóteles?

---

---

9. De acordo com o que foi estudado sobre movimento. Descreva quais são os fatores que influenciam o movimento de queda livre.

---

---

---

10. Descreva um movimento uniformemente variado, quais suas características? O movimento observado no experimento pode ser entendido como movimento uniformemente variado?

---

---

---

---

## LEI DE HOOKE - DINÂMICA

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 1

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: História de Robert Hooke, Força elástica.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Introduzir aspectos históricos relevantes para os conceitos estudados;
- ✓ Investigar como a força age sobre os corpos com elasticidade.

Recursos: Imagens (PowerPoint), textos.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Observar imagens onde temos a aplicação da força elástica, e a partir destas questionar e incentivar os estudantes a escrever sobre o que cada um vê nas imagens, e como conseguem relacioná-las com o conhecimento que já possuem. Após a observação das imagens o professor irá fazer alguns questionamentos, estes serão resolvidos de forma individual, o objetivo é verificar o que cada um conhece a respeito deste conceito. Em seguida reunindo os estudantes em duplas para discutirem sobre suas respostas, se algum aluno quiser poderá também compartilhar suas respostas com o grande grupo. Esta etapa serve de organizador prévio dos conhecimentos dos estudantes a respeito dos conceitos que serão tratados nesta sequência didática.</p>

### Imagens Força elástica

Pessoa pulando de Bungee jumping	Indígena preparado para lançar uma fecha
	

### Questões para os estudantes

1. Você seria capaz de observar alguma relação entre as duas imagens apresentadas? Qual?
2. O que permite a pessoa ao se lançar de Bungee jumping não sofrer nenhuma lesão?
3. Existe alguma força atuando no lançamento da fecha? Que força você acredita ser?
4. O que você pode dizer sobre as palavras: distensão, flexão, compressão. Explique usando seus conhecimentos.

#### Atividade 2

##### Sugestão ao professor:

Nos livros didáticos do ensino médio, é raro encontrarmos alguma referência sobre Robert Hooke, assim nesta etapa iremos fazer a leitura de texto que traz um pouco da história desse cientista, quem foi e qual sua relação com o tema que estamos tratando.

### Texto 1 – História sobre Robert Hooke <sup>6</sup>

Último de quatro filhos de um pastor anglicano, Robert Hooke nasceu em 18 de julho de 1635, em Freschwater, Ilha de Wight, Inglaterra. Seu pai esperava que ele sucedesse como pastor da Igreja Anglicana local; entretanto, desde cedo, Hooke demonstrou habilidades mecânicas e observacionais.

Sua extraordinária capacidade inventiva e sua habilidade mecânica foram responsáveis por muitos inventos significativos da época. Foi autor de um dos livros de maior impacto na ciência e na cultura: 'Micrographia' (1665), onde fez descrições de várias observações com o microscópio, deixando uma evidente importância sobre a utilização deste instrumento.

Polêmico e orgulhoso, Hooke possuiu diversas desavenças, a mais intensa com Issac Newton, onde se destacam entre os motivos o crédito da lei do inverso do quadrado da distância da gravitação e pela teoria corpuscular da luz defendida por Newton.

---

<sup>6</sup> Armando A. de Sousa e BRITO, traz no artigo “**Quem Tramou Robert Hooke?**” Um apanhado sobre a história e principais descobertas realizadas por Robert Hooke.

Morreu em Londres 3 de março de 1703, tendo acumulado uma considerável quantia de dinheiro, encontrado em seu quarto no Gresham College. Foi sepultado na igreja Anglicana St. Helen's Bishopsgate, mas a localização precisa de seu túmulo ainda hoje é desconhecida.

Atividade 3
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Após a leitura do texto realizar uma breve pesquisa sobre os principais inventos que Robert Hooke fez, quais suas principais contribuições para a ciência. Esta pesquisa pode ser realizada em duplas.</p>

## PLANO DE AULA DO ENCONTRO 2

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Dinamômetro, Peso de um corpo.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Construir um dinamômetro usando materiais de baixo custo.

Recursos: Roteiro para a construção do dinamômetro e materiais necessários.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Para este encontro o professor deverá pedir previamente que os estudantes tragam alguns materiais que possuem em casa e que tenham elasticidade. No começo da aula cada estudante irá realizar uma breve descrição sobre os materiais que trouxeram e apontar algumas diferenças entre eles (esta descrição deverá ser realizada por escrito e em seguida compartilhada com o grupo).</p> <p>Na sequência será entregue um roteiro para a construção de um dinamômetro.</p>

### **Roteiro para construção do Dinamômetro**

Como construir um dinamômetro

Para a construção do dinamômetro os alunos deverão se reunir em grupos de três.

Objetivo: Construir um aparelho que se destina a medir forças através da deformação elástica.

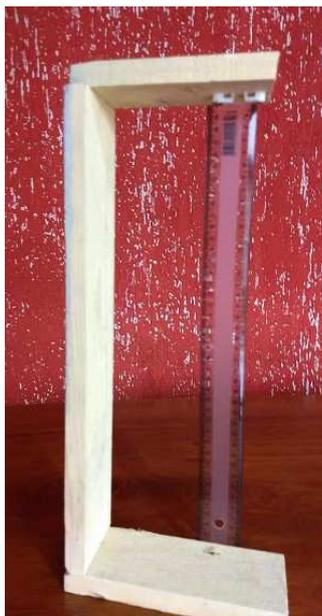
### **Descrição do equipamento**

Materiais necessários:

- ✓ 3 pedaços de madeira com as seguintes medidas:
  - 1 medindo 40 cm de comprimento e 9 cm de largura;
  - 1 medindo 20 cm de comprimento e 9 cm de largura;
  - 1 medindo 15 cm de comprimento e 9 de largura.
- ✓ Duas molas, que podem ser de metal ou espiral de caderno;
- ✓ Uma tira de borracha;
- ✓ Régua de 40 cm;
- ✓ 2 presilhas;
- ✓ Pregos;

### **Montagem**

Unir os 3 pedaços de madeira com o uso de pregos, usar as presilhas na parte superior para em seguida fixar, por exemplo uma mola, fixar a régua de modo ser possível medir a distensão das molas e borracha, formando uma estrutura como a das imagens abaixo.



### Descrição dos materiais para usar na deformação das molas e borracha

- ✓ Areia;
- ✓ Balão de aniversário;
- ✓ Balança digital.

### Montagem

Encher cada balão de aniversário, usando a balança digital, com as seguintes quantidades de massa: 50 gramas e 100 gramas. Conforme a imagem a seguir.



## Atividade 2

Sugestão ao professor:

Após a construção do dinamômetro os estudantes em grupos farão uma pesquisa sobre qual a utilidade do aparelho que acabaram de construir, esta pesquisa será anotada na mesma folha do roteiro experimental.

Visto que se faz necessário utilizar o conceito de Peso de um objeto, o professor deverá relembrar este conceito para os estudantes.

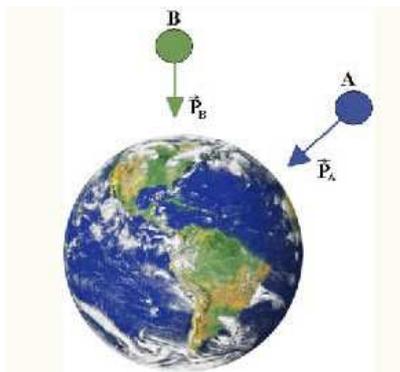
### Peso de um corpo

Massa é uma grandeza física intrínseca de um corpo. Podemos entender a definição de massa observando os objetos ao nosso redor, todos os corpos que ocupam um lugar no espaço possuem massa.

Porém muitas vezes podemos confundir a ideia de massa com o peso de um corpo, pois em nosso dia a dia costumamos nos referir ao nosso peso quando vamos à farmácia e subimos em uma balança. Porém apesar desta confusão devemos entender que massa e peso são grandezas distintas, onde a primeira se refere à medida de uma quantidade intrínseca do corpo e esta é representada por quilogramas. Já o peso é o resultado de uma interação que existe entre a massa desse corpo e um campo gravitacional e será dado em Newtons (N), que é o produto de kg por  $m/s^2$ . Assim notamos que o peso é uma grandeza que depende da massa e da gravidade. A mesma esfera de metal, digamos de um quilograma, terá pesos diferentes na Terra e na Lua, em torno de 9,8 e 1,6 Newtons, respectivamente.

Lembrando a equação fundamental da dinâmica  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ , também conhecida como a segunda lei de Newton conseguimos entender melhor esse conceito de força peso, pois a força resultante será indicada por P já que o corpo em movimento fica sobre a ação da força peso conforme descrito anteriormente, (m) continua sendo a massa do corpo e a aceleração da gravidade (g) fará o papel da aceleração (a). Assim podemos calcular a força peso através do produto entre a massa do corpo e a aceleração da gravidade da seguinte forma:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$



Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/peso-um-corpo.html>

O peso do corpo possui direção que passa aproximadamente pelo centro da Terra.

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 3

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Constante elástica da mola.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Verificar experimentalmente como é possível calcular a constante elástica de molas

Recursos: Dinamômetro, tabelas e gráficos.

#### Atividade 1

Sugestão ao professor:

Com o dinamômetro construído no encontra 2, os estudantes agora deverão realizar medidas com os pacotinhos de areia e anotar em tabelas, com o objetivo de construir gráficos e conseguir definir o conceito da Lei de Hooke. Para isso será entregue a continuação do roteiro do experimento.

### **Roteiro do experimento com o Dinamômetro**

- Meça, com auxílio do dinamômetro, e utilizando massas diferentes a deformação sofrida pela mola e anote o resultado na tabela abaixo. Repita para as duas molas diferentes e o elástico/borracha. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Mola:..... Comprimento natural da mola $L_0 = \dots\dots\dots$						
Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação (cm)	L	Deformação (cm) $- L_0$	$\Delta L = L$

Mola:..... Comprimento natural da mola $L_0 = \dots\dots\dots$						
Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação (cm)	L	Deformação (cm) $- L_0$	$\Delta L = L$

Borracha Comprimento natural da mola $L_0 = \dots\dots\dots$						
Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Elongação (cm)	L	Deformação (cm) $- L_0$	$\Delta L = L$

- Após a realização das medidas construa um gráfico do Peso versus deformação (usar papel milimetrado) para cada mola. Verifique qual a curva que melhor descreve o conjunto de pontos em cada gráfico.
- A curva deverá se aproximar de uma reta. Neste caso, trace, com o auxílio de uma régua, a melhor reta que descreve o comportamento dos conjuntos de pontos. Calcule os coeficientes lineares e angulares desta reta.

Mola 1:.....

Mola 2:.....

Elástico:-----

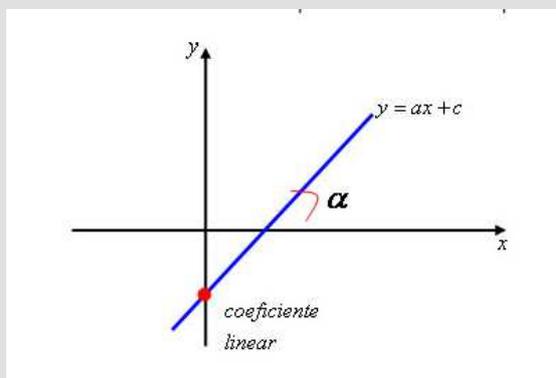
**Dica ao professor:**

Para a construção do gráfico Peso versus deformação iremos usar o mesmo conceito de coeficiente angular utilizado na construção do gráfico na sequência referente ao Plano Inclinado.

Estudaremos também conceitos relativos ao coeficiente linear da reta.

### Coeficiente linear da reta.

Inicialmente vamos observar o gráfico abaixo:



O gráfico de uma função do 1º grau é representado por uma reta, e sua função pode ser representada por  $y = ax + c$ . O número **a** é chamado de coeficiente angular e o número **b** é chamado de constante ou coeficiente linear.

O coeficiente linear é a ordenada do ponto em que a reta corta o eixo Oy. Assim para  $x = 0$  temos  $y = c$ .

### Coeficiente angular da reta

De acordo com a definição dada anteriormente:

O coeficiente angular é dado por:

$$m = \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Desta forma voltando ao gráfico Peso versus deformação teremos:

$$k = \frac{P_1 - P_0}{L_1 - L_0}$$

Considerando  $P_0 = 0$  temos:

$$k = \frac{P}{\Delta L}$$

Observação: Note que o Peso neste caso pode ser representado pela Força aplicada na deformação da mola.

## Questionário

Escreva a lei física que descreve a força da mola e que vale para qualquer das três molas experimentadas:.....

1. Após a realização das três medidas, utilizando as três molas o que você encontrou de comum entre elas no que diz respeito ao comportamento, gráfico, coeficientes lineares e angulares, etc? Justifique.

---

---

---

2. Relate o que ocorreu quando você alterou o peso do material em relação à deformação da mola?

---

---

---

3. Em qual das molas houve maiores deformações? A que fato você acha que isso se deve? Como você relaciona isso com os coeficientes angulares obtidos?

---

---

---

---

---

---

---

4. Quando você realizou o experimento utilizando a borracha, os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados utilizando as molas? Explique.

---

---

---

5. Através da realização dos cálculos podemos dizer que existe uma relação de proporcionalidade entre a força aplicada (no nosso caso o peso) e a deformação sofrida pela mola? Qual é a constante de proporcionalidade? Explique sua resposta.

---

---

---

6. A força elástica está na mesma direção ou direção oposta à deformação da mola?

---

---

---

7. Escreva a Lei Física que descreve a força elástica.

---

---

#### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 4

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Lei de Hooke

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Através da atividade experimental, construir o conceito de constante elástica da mola e sua relação com a força elástica.

Recursos: Quadro negro, imagens.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Neste encontro para fechamento da atividade experimental realizaremos um debate sobre as questões respondidas após o experimento, onde cada grupo também apresentará suas conclusões referentes aos gráficos e valores encontrados a partir das medidas experimentais.</p> <p>Desta forma é possível observar se os grupos conseguiram chegar a conclusões semelhantes, caso contrário pode ser feita uma análise sobre o que não funcionou no experimento dos grupos. Na sequência o professor fará uma discussão sobre a lei de Hooke, usando os experimentos realizados como exemplo de como Hooke chegou à fórmula da força elástica.</p>

## Lei de Hooke

Em 1678 Hooke publicou o artigo “De Potentia Restituiva” contendo resultados sobre experimentos com corpos elásticos, onde usa corda de diversos tamanhos e pesos diversos. Comparando as várias elongações da corda, percebe que estas sempre possuem as mesmas proporções. Hooke tira a seguinte conclusão: “É muito evidente que a Regra ou a Lei da Natureza em todo corpo saltante é que a força ou poder dela para se restabelecer à sua posição natural é sempre proporcional à distância ou ao espaço que é removido ali”. (TIMOSHENKO, S. P., 1983)

Desta forma Hooke através dessas observações sobre o comportamento mecânico das molas, descobriu que estas deformações elásticas obedecem a uma lei muito simples: quanto maior o peso de um corpo suspenso em uma extremidade da mola maior seria sua deformação. Ao analisar outros sistemas verificou que existia uma proporcionalidade entre a força realizada sobre a mola e a sua deformação. Então enunciou a seguinte lei:

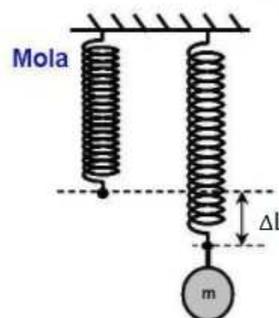
$$F = k \cdot \Delta L$$

Onde:

$F$  = força exercida sobre a mola;

$k$  = constante de proporcionalidade da mola;

$\Delta L$  = deformação sofrida pela mola.



Como vimos no decorrer da atividade experimental cada mola utilizada possui uma constante de proporcionalidade, isso se deve ao fato de serem constituídas de materiais diferentes. Assim conhecendo a constante de proporcionalidade de uma mola é possível encontrar o seu peso e conseqüentemente sua massa, sendo esta uma grande utilidade de um dinamômetro. No nosso dia a dia as molas são muito utilizadas para comporem diversos sistemas.

## Atividade 1

Sugestão ao professor:

A partir do enunciado da Lei de Hooke o professor irá solicitar que os estudantes façam uma pesquisa sobre a utilização das molas no nosso dia a dia, onde podemos encontra-las e porque sua utilização possui grande importância para determinados sistemas. Esta atividade pode ser realizada extraclasse.

## Atividade – Avaliação

Sugestão ao professor:

Como atividade avaliativa serão utilizadas novamente as imagens apresentadas no primeiro encontro, questionando agora onde está aplicada a Lei de Hooke em cada caso. Os estudantes devem fazer uma reflexão referente a força elástica utilizada em cada caso, devem buscar outras imagens onde temos a interação massa – mola e fazer uma descrição da aplicação da lei de Hooke, diferenças entre constantes das molas utilizadas nos exemplos que irão avaliar. Para finalizar a atividade o professor entregará para cada estudante um questionário para fins de avaliar como os estudantes sentiram a atividade e como se deu a construção do conhecimento.

Assim acredita-se que segundo a teoria da aprendizagem significava os estudantes poderão refletir sobre os conhecimentos aprendidos ao longo desta sequência.

## Avaliação

Observe cada imagem e reflita sobre:

- Onde podemos encontrar a força elástica aplicada em cada caso:
- Existe diferença na constante elástica das molas utilizadas em cada caso. Cite algumas.
- Acrescente nas colunas abaixo outros exemplos onde temos a aplicada a força elástica. Faça uma reflexão sobre cada imagem que você utilizar.

Pessoa pulando de Bungee juping



<p>Indígena preparado para lançar uma fecha.</p> 	
<p>Imagem 1</p>	
<p>Imagem 2</p>	
<p>Imagem 3</p>	

Questionário de avaliação da atividade:

1. Você já participou de atividades experimentais?
  - a) Sim ( )
  - b) Não ( )
2. Você gostou de trabalhar com experimentos?
  - a) Gostei pouco ( )
  - b) Não gostei ( )
  - c) Gostei muito ( )
3. Durante as atividades o que você mais gostou e que menos gostou.
 

Mais gostei \_\_\_\_\_

Menos gostei \_\_\_\_\_
4. Conhecer a história do cientista e o porquê ele desenvolveu tal teoria, ajudou a despertar seu interesse no tema estudado? Comente sua resposta.

---



---

5. Você acredita que a sua aprendizagem nos conceitos de física pode ser facilitada na realização dessa atividade? Comente sua resposta.

---

---

6. Através das atividades experimentais realizadas podemos verificar que o dinamômetro é um instrumento usado para medir o peso de um corpo. Descreva quais passos você seguiria para efetuar a medida do peso de objeto usando o dinamômetro.

---

---

---

7. Robert Hooke fez observações sobre o comportamento mecânico de molas desenvolvendo a lei que leva seu nome. Quais as principais etapas em um procedimento experimental usado por ele, qual a relação de proporcionalidade Hooke nos leva a medir.

---

---

---

8. Quais são os principais fatores que influenciam a determinação da constante de proporcionalidade elástica?

---

---

---

## **PRESSÃO ATMOSFÉRICA – HIDROSTÁTICA**

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 1

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Camadas da atmosfera.

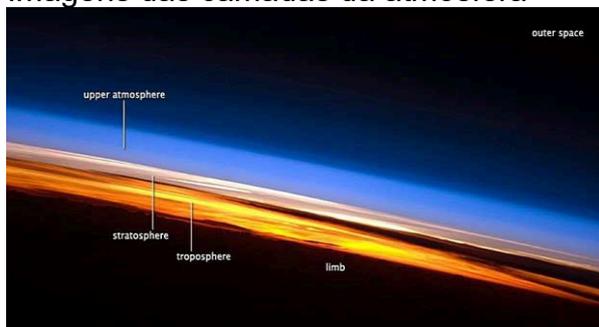
Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Inserir o estudante no contexto dos conceitos que serão abordados;
- ✓ Compreender conceitos referentes às camadas da atmosfera.

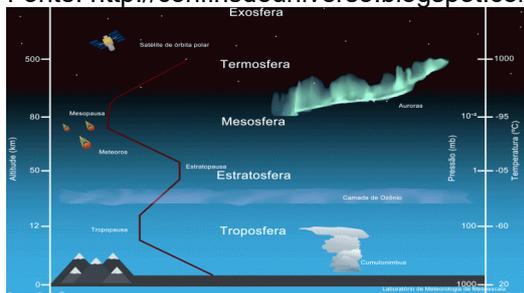
Recursos: Imagens (PowerPoint), textos, vídeos.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Com a utilização de imagens que representam a atmosfera, que aqui será usada como organizadores prévios. Nestas imagens os estudantes terão a oportunidade de responder sobre o que conhecem sobre a atmosfera, pois sabemos que este é um conteúdo estudado em séries anteriores em aulas de geografia, assim podem fazer as relações com o que conhecem sobre o tema e as imagens da atmosfera.</p> <p>Após a observação das imagens os estudantes deverão fazer suas anotações de forma individual, esse fato é importante para verem quais conhecimentos trazem consigo, ou seja, quais são seus conhecimentos prévios em relação ao que está sendo perguntado. Em seguida eles serão agrupados em duplas para refletirem e debaterem sobre as respostas dadas as perguntas.</p>

### Imagens das camadas da atmosfera



Fonte: <http://confinsdouniverso.blogspot.com.br/2011/04/camadas-da-atmosfera-da-terra.html>



Fonte: <http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/>

### Questões para os estudantes

1. Descreva com suas palavras o que esta imagem representa?

2. Pensando no que você já estudou esta imagem traz algum significado? Quais seriam? Descreva brevemente.
3. Você consegue relacioná-la com seu dia a dia?
4. Reflita sobre as camadas representadas na imagem, o que você sabe dizer a este respeito delas?

#### Atividade 2

Sugestão ao professor:

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa se faz necessário o uso de organizadores com as relações do conhecimento que os estudantes já possuem e o que queremos trabalhar assim será feita a leitura de um texto sobre as camadas da atmosfera com informações sobre as camadas da atmosfera representadas na imagem. Posteriormente os estudantes realizarão uma pesquisa sobre os elementos: Tropopausa, Estratopausa, Mesopausa e Camada de Ozônio que está presente na nossa atmosfera, porém não estará abordada no texto, visando uma maior integração do conteúdo, pois sabemos que a interação em torno do tema dado é um agente motivador que torna o ensino mais ativo, buscando a construção dos conceitos. As anotações da pesquisa serão entregues para o professor essa atividade será realizada extraclasse.

### Texto 1: Camadas da Atmosférica

Vivemos submersos em uma imensa massa de ar que é nossa atmosfera. Esta camada é fundamental para a vida, ela protege os organismos da exposição a níveis ariscados da radiação ultravioleta, e contém gases necessários a processos de respiração.

Na imagem acima temos a atmosfera subdividida em camadas, vamos compreender o que significa cada uma:

- ✓ Troposfera: é a camada da atmosfera que está em contato com a superfície terrestre e que contém o ar que respiramos. Nela temos praticamente toda a concentração de água e vapores. Tem altitude entre 8 km e 16 km, é a camada menos espessa, porém a mais densa. A troposfera é o principal domínio dos meteorologistas, pois é nela que ocorrem os fenômenos climáticos.
- ✓ Estratosfera: situa-se a 12 km e 50 km, nesta está a camada de ozônio responsável pela proteção da superfície terrestre a raios nocivos do Sol. A temperatura permanece quase constante e depois cresce até o topo da

estratosfera, como sabemos o ozônio absorve radiação ultravioleta do Sol, conseqüentemente a estratosfera é aquecida.

- ✓ Mesosfera: situa-se entre 50 km e 80 km, trata-se da camada mais fria da atmosfera, a absorção da radiação solar é fraca.
- ✓ Termosfera: é a camada mais extensa da atmosfera podendo atingir até 1000 km, trata-se da camada mais quente, pois absorve as radiações solares mais energéticas. Mas a densidade é muito pequena. Poucas dessas moléculas velozes colidiriam com um corpo estranho, assim uma pequena quantidade de energia é transferida.

#### Atividade 3

Sugestão ao professor:

Buscando uma melhor compreensão do tema será assistido o vídeo **Tempo e Clima – Atmosfera e Pressão** disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=C9mya2G6Ux8>. Após assistir o vídeo serão resolvidas algumas questões que servem de apoio para a posterior discussão, esta atividade poderá ser realizada em duplas.

#### Questões sobre o vídeo

1. O que você consegue destacar em relação ao vídeo.
2. O vídeo traz questões referentes ao clima e à pressão atmosférica, escreva o que você entendeu de acordo com o vídeo desta relação.
3. Explique o que são zonas de baixa e alta pressão. Elas são responsáveis pela variação do nosso clima.

#### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 2

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Pressão do ar

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Compreender através de atividades experimentais a pressão existente no ar.

Recursos: experimentos.

## Atividade 1

## Sugestão ao professor:

Com a realização das atividades experimentais iremos observar e discutir com os estudantes sobre a existência do ar, pois sabemos que vivemos submersos no ar, ele está em todo lugar. Desta forma podemos nos perguntar o ar tem peso? Ele exerce alguma influencia sobre nós? Essas são algumas perguntas que pretendemos responder através da realização das experiências. O processo de realizar experiências contribui para que o estudante possa através das suas etapas, construir o conhecimento por meio das resoluções das atividades contidas nelas.

**Roteiro para Primeira Experiência****O ar possui peso?**

## 1. Objetivo:

Observar e compreender propriedades do ar, ver que ele ocupa espaço e possui peso.

## 2. Material:

- ✓ Dois balões;
- ✓ Linha (fio);
- ✓ Fita adesiva;
- ✓ Uma vareta (aproximadamente 50 cm).

## 3. Procedimento experimental

Para realização do experimento inicialmente infle os dois balões a um mesmo tamanho. Amarre cada bico do balão com um fio, fazendo um laço. Prenda os balões com uma fita adesiva do lado oposto ao bico, a uma vareta. Observe que cada balão deve estar de cada lado da vareta. Suspenda a vareta pelo centro de modo que os dois balões fiquem equilibrados na horizontal. Segure a vareta de modo a observar o equilíbrio entre os balões “na balança”.

Em seguida desfaça o laço de um dos balões, deixando o ar sair.

## 4. Questionamento

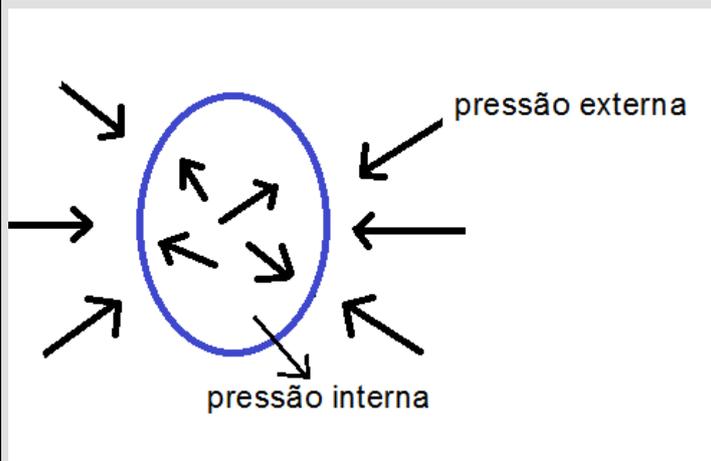
- 1) Observe e descreva o que ocorreu com a vareta e os balões.

- 2) Procure diferenciar os dois momentos do experimento: com os dois balões estavam inflados e quando apenas um estava inflado.
- 3) Justifique com base em seus conhecimentos porque isso aconteceu.

**Dica ao professor:**

É possível trabalhar com os estudantes no decorrer das aulas conceitos como massa específica (ou densidade), empuxo e o princípio de Arquimedes. Aqui, a pergunta que devemos enfatizar é: Porque a balança pende para o lado do balão mais cheio? Ao realizar este experimento devemos observar que:

As forças externas agindo sobre o balão são o peso e o empuxo. Desprezando o efeito da membrana elástica, o peso do ar contido no balão é igual ao empuxo e portanto há um equilíbrio de forças, mantendo a situação estática. Em um balão inflado, no entanto, a pressão interna do ar é levemente maior que a pressão atmosférica. A diferença de pressão entre a parte interna e a parte externa do balão deve-se à membrana elástica que constitui a parede do balão.



No balão inflado, a maior pressão interna faz com que o ar fique mais comprimido e, portanto, mais denso que o ar externo ou o ar no balão pouco murcho. O peso específico do balão inflado é maior que o empuxo e, portanto, ele desce.

Este fato pode ser explorado pelo professor ao estudar os conceitos de empuxo, ressaltando alguns questionamentos: Um corpo no ar, cai, se ele pesa mais que o ar deslocado? Se o corpo pesa tanto quanto o ar deslocado, fica suspenso na atmosfera?

Para o objetivo que se pretende aqui será explorada a ideia fundamental: “o ar tem peso”.

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 3

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Pressão

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Refletir sobre as concepções históricas na construção do conceito da pressão na coluna de água.
- ✓ Realizar uma atividade experimental que conduza a compreensão da pressão existente.

Recursos: textos, experimentos.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Visando começarmos a refletir a respeito da pressão atmosférica introduziremos um texto sobre a origem do problema, trazendo fatos históricos, que mais tarde levou Torricelli a realizar sua famosa experiência que definiu o valor da pressão atmosférica. Não faremos nenhum comentário inicialmente sobre Torricelli vamos tentar seguir os passos realizados historicamente.</p>

## **Texto 2: Pressão atmosférica – aspectos históricos<sup>7</sup>**

Historicamente o conceito de pressão atmosférica está ligado ao estudo da Hidráulica, e do comportamento dos fluidos. No século IV a. C. Aristóteles já pensava em conceitos do vazio tentava resolver o problema do vácuo. Para ele a natureza não podia conceber o vazio; neste período surgiu a frase “a natureza tem horror ao vácuo”.

Questões sobre o vazio estavam divididas. Platão aceitava a possibilidade de um vazio artificial, considera que como não havia vazio além da atmosfera, os corpos celestes estavam ocupados pelo “éter”. As discussões continuaram por muitos anos, e no mundo Aristotélico a negação do vazio era intrinsecamente coerente, sendo o Universo um lugar pleno, totalmente preenchido por matéria.

Um grande problema começou a ser observado por volta de 1630, tratava-se da elevação da água através de bombas aspirantes. Notava-se que a água dos poços insistia em não se elevar a certo limite de 10,33 metros. Galilei na

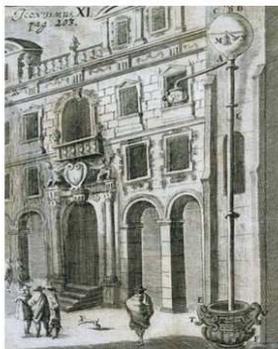
---

<sup>7</sup> O artigo “Origens Históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica” de Marcos D. Longuini, e, Roberto Nardi. (2000), traz aspectos sobre a história da pressão atmosférica e nos esclarece como a concepção da natureza ter horror ao vácuo.

época foi comunicado do problema, mas manteve-se conservador em certas ideias.

Gasparo Berti realizou um experimento para verificar esse problema, conforme a imagem abaixo:

Esquema do experimento realizado na fachada da casa de Berti



Fonte: [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v20n3\\_oliveira\\_mors.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v20n3_oliveira_mors.pdf)

Neste experimento Gasparo Berti usou um tubo de chumbo, que tinha uma altura equivalente a um prédio de dois andares, com uma torneira na parte inferior. Esse tubo foi preenchido de água e colocado em um tonel também com água, quando a torneira foi aberta a água desceu pelo tubo permanecendo nele uma coluna com altura máxima prevista. Muitos pesquisadores divergiram sobre o espaço superior se estava vazio ou não.

#### Atividade 2

Sugestão ao professor:

A partir da leitura do texto o professor questionará os estudantes sobre a possível reprodução deste experimento. Mas como sabemos que o uso do mercúrio metálico é proibido por questões ambientais, e por acarretar riscos aos estudantes, não será possível reproduzir o experimento, ao invés disso vamos construir outra atividade experimental que ajude na compreensão deste conceito. Nesta proposta de experimento usaremos água, glucose líquida e óleo, a escolha desses três materiais diferentes se deve ao fato de possuírem densidades distintas, isso nos proporcionará diferenças de pressão nas colunas que serão construídas.

Será necessário também construir uma bomba hidráulica, os passos para sua construção estão descritos abaixo e disponíveis no vídeo “Bomba Hidráulica PVC”, disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=6dRAjR\\_A6b0](https://www.youtube.com/watch?v=6dRAjR_A6b0).

### Bomba Hidráulica

Materiais necessários para válvulas de retenção:

1 T 25 mm

2 Luvas 25 mm

2 Redução de 25 mm para 20 mm

2 Bolitas pequenas

2 Curvas de 25 mm

2 Pedacos de tubo de 25 mm (pode ser de 6 cm)

1 Redutor de 25 mm para 32 mm

2 Pregos pequenos

Cola quente ou silicone

Cola para tubo



Montagem da válvula de retenção:

Inicialmente vamos introduzir um prego entre as paredes dos tubos de 25 mm, atravessando-os para fazer o travamento da bolita e vedar com silicone.

Vamos construir dois sistemas um de entrada e outro de saída.

Para o sistema de entrada: Introduzir em um dos lados do T cano de 25 mm com o prego, em seguida a luva de 25 mm, colocar dentro da luva a bolita, na sequência encaixar a redução de 25 mm para 20 mm e a curva de 25 mm.

Para o sistema de saída: Introduzir no outro lado do T a redução de 25 mm para 20 mm, em seguida a luva de 25 mm e a bolita, na sequência o tubo de 25 mm com o prego e a curva.

As válvulas de retenção devem ser coladas e adaptadas a um redutor de 25 mm para 32 mm.

O esquema pronto esta representado na imagem abaixo:



Materiais necessários para pistão:

1 Tubo de 25 mm 1 metro de comprimento (Fechar uma das pontas com cola quente ou silicone)

1 Tubo de 32 mm de 1 metro de comprimento

1 Luva de 32 mm

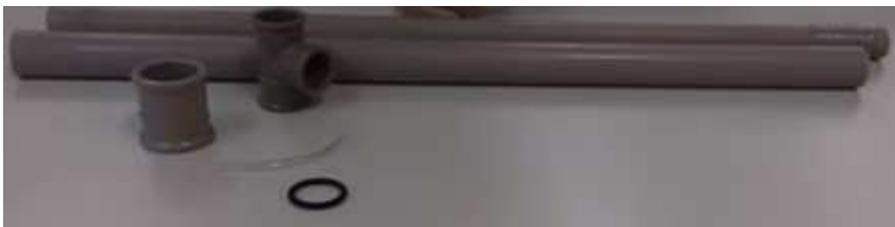
1 T de 25 mm

1 rosca de 20 mm

Mangueira de silicone

1 borracha de 32 mm

1 Peça de plástico



Começar com a parte interna do pistão:

Pegar o tubo de 25 mm de 1 metro e fechar um dos lados com um tampão/ rosca de 20 mm colado com silicone, em seguida fazer dois furos de 3 mm e enrolar em forma de espiral a mangueira de silicone para a vedação. O sistema de travamento deve ser feito com a luva de 32 mm e a borracha de 32 mm no tubo de 25 mm, colocar também neste tubo no lado que não está fechado um pedaço de plástico com um T de 25 mm.

Introduzir na sequência este tubo de 25 mm em um tubo de 32 mm, que deve ser travado no sistema de travamento que foi construído anteriormente.

Encaixar este pistão na válvula de retenção e a bomba hidráulica esta pronta.

**Roteiro experimento Pressão Atmosférica**

Objetivo: Verificar que a pressão depende da densidade do líquido e da altura da coluna de líquido.

Materiais para o experimento da pressão atmosférica:

- ✓ Duas mangueiras transparentes de aproximadamente 8 metros de altura e diâmetros diferentes;
- ✓ Água;
- ✓ Glucose líquida;
- ✓ Óleo;
- ✓ Recipiente para armazenar os líquidos.

### **Procedimento Experimental**

Inicialmente os alunos devem se agrupar em grupos de até três, para que seja facilitada a observação do experimento, após cada grupo deverá responder as questões solicitadas pelo professor.

Para a realização do experimento inicialmente deve-se fixar as duas mangueiras transparentes em um local onde elas possam ficar esticadas a uma altura próxima de 8 metros. Faremos isso na estrutura da caixa d'água da escola, por ser o local mais alto da escola.

Em seguida os estudantes colocarão água no recipiente apropriado e com o uso da bomba d'água construída tentarão “empurrar a água para cima”. Para isso temos que fixar a extremidade de baixo da mangueira na bomba d'água e em seguida com a utilização do pistão aplicar uma força para que a água suba. Inicialmente será bombeado água na mangueira de diâmetro maior, em seguida o mesmo procedimento será realizado para a mangueira de diâmetro menor.

Este procedimento será realizado três vezes, cada uma delas com um líquido diferente, neste caso iniciaram-se com a água, pode-se na sequência usar a glucose líquida e por último o óleo. O experimento deve ser feito para

estes líquidos usando as duas mangueiras transparentes, inicialmente com a mangueira de maior diâmetro em seguida a de menor diâmetro. Se o professor preferir pode construir outra bomba d'água para o uso do óleo já que em virtude de sua viscosidade podemos ter dificuldades de retilá-lo da bomba d'água.

### Questionamento

Está atividade deve ser resolvida nos grupos previamente definidos.

1. Observe e descreva o que ocorre com a coluna que se formou dentro da mangueira nos três casos: quando usamos água, glucose líquida e óleo.
2. Houve alguma diferença no uso da bomba d'água para os três líquidos, em algum deles a pressão que você teve que exercer foi maior ou menor?
3. Ao usar água nas mangueiras que possuíam diâmetros diferentes você observou alguma mudança em relação à altura da coluna de água que foi possível atingir? Comente este fato.
4. Faça a mesma observação da questão anterior para a glucose líquida e o óleo.

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 4

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Densidade de um fluido, Pressão.

Objetivos da aprendizagem:

- ✓ Relacionar conceitos estudados com a relação matemática de pressão em um fluido.

Recursos: textos, quadro e pincel.

Atividade 1
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Para uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos no experimento se faz necessário discutir com os estudantes alguns elementos importantes: densidade do líquido e pressão. Assim os dois quadros abaixo trazem essas definições.</p> <p>Nesta atividade o professor pode recordar com os estudantes conceitos de densidade de forma interdisciplinar sendo estes também estudados na disciplina de química.</p>

## Quadro 1

**Densidade de um fluido**

Vimos na atividade experimental que os fluidos de materiais diferentes se comportaram de forma diferente na coluna, isso se deve à densidade absoluta das substâncias.

Densidade absoluta também é conhecida como massa específica que corresponde à razão entre a massa da substância e seu volume. Matematicamente temos:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Observando a atividade experimental vemos que o óleo e a água possuem densidades diferentes, por isso notamos comportamentos distintos na coluna que foi usada. Podemos ainda fazer um experimento simples para observar essa diferença, como apresentamos na figura abaixo.



## Quadro 2

**Pressão**

Imagine a seguinte situação: Você quer martelar na parede um prego e um taco de beisebol, em qual dos casos você será bem-sucedido?

Analisando a situação acima quando você fosse tentar martelar o taco de beisebol na parede nada aconteceria, contudo ao martelar o prego usando a mesma força a probabilidade de penetrar na parede é muito maior. Isso nos mostra que apenas a força não basta, é preciso saber como a força é distribuída na superfície de impacto.

Nas duas situações temos que para o prego toda a força ficou concentrada na pequena área na sua ponta afiada, já no caso do taco de beisebol a área que toca a parede é bem maior, portanto a força aplicada ficou menos concentrada.

Podemos definir desta forma, matematicamente o conceito de pressão como o coeficiente entre a intensidade da força  $F$  aplicada perpendicularmente sobre uma superfície de área  $A$ .

$$p = \frac{F}{A}$$

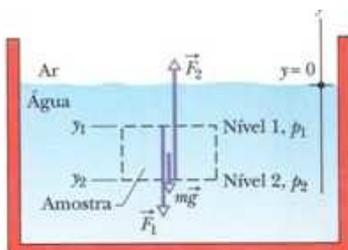
No Sistema Internacional a unidade de pressão é  $\text{N/m}^2$ , que também é conhecida como pascal (Pa), em homenagem ao físico e matemático francês Blaise Pascal (1629-1662).

Após o experimento e o estudo desses conceitos o professor deve chamar a atenção dos estudantes para as seguintes observações:

4. O que fez a água subir pela mangueira? Existe alguma diferença na força aplicada quando usamos óleo? A que fato isso se deve, o que influência essa mudança na força aplicada?
5. Como você conseguiria explicar o fato de a água subir na coluna formada pela mangueira? Cite os principais elementos, que você acredita estarem envolvidos nesta situação?
6. Com o que o nosso experimento se assemelha ao realizado por Gasparo Berti? O que ele buscava responder com esse experimento?

A partir da situação observada no experimento podemos fazer um experimento mental e transpor essas ideias em um modelo, onde aplicam-se as mesmas regras que vimos no experimento.

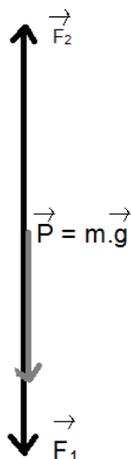
Observe a imagem abaixo, onde temos um recipiente com água, consideremos parte desta água isolada em um volume cilíndrico imaginário cuja área da base é  $A$  e  $y_1$  e  $y_2$  (observe pela figura que serão números negativos) são os limites deste cilindro.



Fonte: <https://www.infoescola.com/hidrostatica/principio-de-stevin/>

Considerando que todo o líquido está em repouso e utilizando-se a Segunda Lei de Newton, pode-se escrever a seguinte expressão:

$$F_2 - [F_1 + P] = 0 \quad (I)$$



Lembrando que:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Pode-se reescrever a equação (I) da seguinte forma:

$$p_2 \cdot A - p_1 \cdot A = P$$

$$A \cdot [p_2 - p_1] = m \cdot g$$

$$A \cdot [p_2 - p_1] = \rho \cdot V \cdot g$$

Lembrando que  $V = A \cdot h$ , temos:

$$A \cdot [p_2 - p_1] = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

$$p_2 - p_1 = \rho \cdot g \cdot h$$

Onde:

$p_2 \rightarrow$  pressão na profundidade

$p_1 \rightarrow$  pressão na superfície

$y_2 - y_1 = h \rightarrow$  profundidade (altura)

$\rho \rightarrow$  densidade do fluido

$g \rightarrow$  aceleração da gravidade

#### Dica ao professor:

A expressão encontrada acima também é conhecida como Teorema de Stevin, mas quem foi Stevin quais suas contribuições e porque esse teorema é importante para o estudo da Hidrostática?

Simon Stevin (1548 – 1620) nasceu em Burges, Flandes, atual Bélgica, filho ilegítimo de ricos cidadãos. Pouco se sabe do início de sua vida, sabe-se que depois de vinte anos de idade viajou pela Noruega, Polônia e Prússia, estabeleceu-se na atual Holanda. Em 1581 passou a estudar em Leiden, após formar-se passou a ensinar matemática. Em 1585 publicou De Thiende, de grande influência na engenharia na prática comercial e na matemática. Sua contribuição científica ao desenvolvimento da mecânica também foi notável, em sua obra destacam-se três importantes publicações: Princípios de estática, uma espécie de continuação dos trabalhos de Arquimedes (teoria da alavanca, centro de gravidade dos corpos, etc., e o teorema do plano inclinado), Aplicações de estática e Princípios de Hidrostática. Uma importante contribuição a Hidrostática sobre o deslocamento de corpos mergulhados em água e a explicação do paradoxo da hidrostática – a pressão de líquido independe da forma do

recipiente, depende apenas da altura da coluna líquida. Muitos consideram que ele fundou a ciência da Hidrostática com este trabalho, mostrando que a pressão exercida por um líquido sobre uma dada superfície depende da altura do líquido e da área da superfície.

### Atividade 3

Sugestão ao professor:

Após a realização da atividade experimental os estudantes irão realizar uma pesquisa. A pesquisa deverá ser individual, desta forma o estudante terá a oportunidade de refletir sobre a prática realizada e os conceitos históricos relacionado com a pressão atmosférica. Esta pesquisa será entregue na forma de um texto com aproximadamente duas páginas.

### Questões para a pesquisa

- ✓ Relacione o fato do equilíbrio da coluna com a pressão atmosférica.
- ✓ Você já ouviu falar no experimento de Torricelli sobre a pressão atmosférica?
- ✓ Em relação ao experimento realizado por Torricelli da pressão atmosférica, procure descrever as diferenças entre esta experiência e a experiência que acabamos de realizar. Quais foram às conclusões que Torricelli chegou?

### PLANO DE AULA DO ENCONTRO 5

Tempo previsto: 45 min

Conteúdo: Pressão atmosférica.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Refletir sobre os conceitos da pressão atmosférica.

Recursos: textos

### Atividade 1

Sugestão ao professor:

Neste encontro o professor inicialmente pedirá para os estudantes relatarem os itens do questionário que eles fizeram na pesquisa. Visando uma aprendizagem significativa a partir dos relatos, será realizada a leitura do texto que traz conceitos de como Torricelli realizou o seu famoso experimento e também conceitos de pressão atmosférica, ou seja, vamos ver quais foram as importantes contribuições que essa experiência trouxe para a física.

Com a leitura o texto e usando o que já foi trabalhado os estudantes realizarão uma lista de exercícios, mas não de forma tradicional estes exercícios serão aplicados em forma de questão de investigação onde em alguns momentos serão necessários pequenos procedimentos experimentais ou uma breve pesquisa na internet. Assim o professor deverá disponibilizar os recursos necessários para a realização da atividade, como canudinhos, copo com água, ter disponível a internet da escola para possíveis pesquisas e o livro didático.

### **Texto 3: Investigando a Pressão Atmosférica<sup>8</sup>**

Como vimos a atmosfera terrestre é composta por vários gases, que exercem uma pressão sobre a superfície da Terra, o ar é um fluido, portanto exerce pressão sobre o nosso corpo. Essa pressão denominada pressão atmosférica, depende da altitude do local, pois à medida que nos afastamos da superfície do planeta, o ar se torna cada vez mais rarefeito, portanto, exercendo uma pressão cada vez menor.

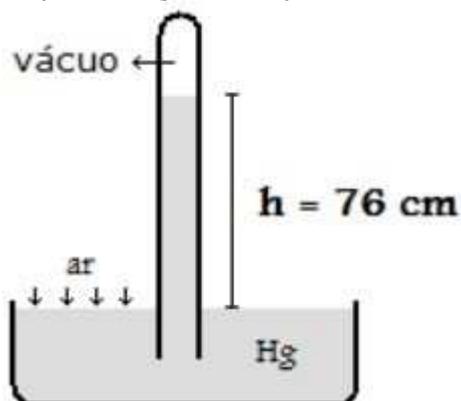
Nós podemos sentir essa variação por meio da membrana timpânica, ao subirmos ou descermos a serra, por exemplo, se fizéssemos uma viagem para níveis muito altos ou até mesmo para fora da atmosfera sem usar proteção, inflaríamos até explodir.

Em 1643, o matemático e físico italiano Evangelista Torricelli conseguiu determinar a medida da pressão atmosférica ao nível do mar inventando o primeiro barômetro. Ele consiste em um tubo de vidro onde, primeiramente Torricelli o encheu com aproximadamente um metro de comprimento com mercúrio, e logo em seguida mergulhou o tubo em um recipiente também com mercúrio como mostra a figura abaixo, logo após ele notou que o mercúrio descia um pouco, se estabilizando aproximadamente a 76 cm acima da superfície.

---

<sup>8</sup> Para saber mais sobre como Torricelli determinou o valor da pressão atmosférica ver “Tratados Físicos de Blaise Pascal”, de Roberto A. Martins(1989).

Representação do experimento de Torricelli



A altura da coluna mantém-se constante, mesmo quando o tubo é inclinado, o espaço vazio deixado acima do mercúrio é um vácuo.

Se a pressão atmosférica aumentar, então a atmosfera empurrará mais fortemente o mercúrio do prato para baixo, e a coluna será empurrada para cima até alcançar mais de 76 cm de altura.

Torricelli interpretou essa experiência dizendo que o que mantinha a coluna de mercúrio nesta altura era a pressão atmosférica.

Com essa experiência definiu-se que ao nível do mar 1 atm (uma atmosfera) é a pressão equivalente a exercida por uma coluna de 76cm de mercúrio, onde  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , portanto:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1,01105 \text{ Pa}$$

O que acontece com o mercúrio no barômetro é semelhante ao que acontece quando tomamos uma bebida com um canudo. Sugando o canudo colocado no líquido, reduzimos a pressão no interior do canudo. O peso da atmosfera sobre a bebida empurra o líquido canudo acima, para uma região onde a pressão é reduzida, ou seja, o líquido não é sugado ele é empurrado para cima pela atmosfera. (HEWITT, Paull G., p.268, 2015)

## PLANO DE AULA DO ENCONTRO 6

Tempo previsto: 90 min

Conteúdo: Pressão atmosférica.

Objetivos de aprendizagem:

- ✓ Elaborar uma atividade avaliativa onde os estudantes deverão construir um jornal mural sintetizando os conceitos adquiridos ao longo das atividades.

Recursos: textos, internet.

Atividade – Avaliação
<p>Sugestão ao professor:</p> <p>Para sintetizar o conteúdo estudado, os estudantes farão um Jornal Mural. Para isto, eles serão divididos em grupos e oralmente será feito um debate sobre, o que foi discutido durante as realizações das atividades experimentais e, tendo sido esclarecidas as dúvidas que acaso existam, confeccionem o Jornal Mural. Orientamos que, este Jornal Mural tenha várias imagens que representem os conceitos estudados, bem como as experiências realizadas. O Jornal Mural deverá ficar exposto num dos corredores da escola. As informações a serem colocadas neste jornal deverão ser aquelas pesquisadas e analisadas no decorrer das experiências e pesquisas realizadas, como, por exemplo, o estudante pode usar uma imagem para representar cada experiência e fazer apontamentos sobre os aspectos mais relevantes que foram analisados em cada uma, pode trazer imagens dos cientistas que se dedicaram ao longo dos anos a estudar a pressão atmosférica e fazer uma reflexão sobre as suas contribuições. Ressaltamos que, estes murais deverão conter figuras e textos explicativos sobre o tema proposto.</p> <p>Para finalizar a atividade o professor entregará para cada estudante um questionário para fins de avaliar como os estudantes sentiram a atividade e como se deu a construção do conhecimento.</p> <p>Assim acredita-se que segundo a teoria da aprendizagem significava os estudantes poderão refletir sobre os conhecimentos aprendidos ao longo desta sequência.</p>

## Jornal Mural

TÍTULO	Infográfico (sucessão de fatos no tempo)	Dados científicos observados
TEXTO CENTRAL	Fotos (imagens das atividades experimentais)	Informações importantes sobre fatores que influenciam a Pressão Atmosférica
	Contextualização Histórica sobre Pressão Atmosférica	

**Questionário de avaliação da atividade**

1. Você já participou de atividades experimentais?
  - a) Sim ( )
  - b) Não ( )
2. Você gostou de trabalhar com experimentos?
  - a) Gostei pouco ( )
  - b) Não gostei ( )
  - c) Gostei muito ( )
3. Durante as atividades o que você mais gostou e que menos gostou.  
Mais gostei \_\_\_\_\_  
Menos gostei \_\_\_\_\_
4. Conhecer a história do cientista e o porquê ele desenvolveu tal teoria, ajudou a despertar seu interesse no tema estudado? Comente sua resposta.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Você acredita que a sua aprendizagem nos conceitos de física pode ser facilitada na realização dessa atividade? Comente sua resposta.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. De acordo com as atividades realizadas explique como a pressão atmosférica influencia em nosso clima, e como podemos determina-lo.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Explique quais são as influências da pressão atmosférica que sentimos sobre nós.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. Descreva quais são as diferenças observadas nos experimentos realizados por Berti e Torricelli, qual problema eles estavam tentando resolver. Comente sua resposta.

---

---

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo em apresentar esse produto educacional foi construir através de sequências didáticas um material que pudesse contribuir para uma aprendizagem significativa dos estudantes sobre os conceitos abordados na 1ª série do Ensino Médio.

Desta forma as sequências foram organizadas de modo que os estudantes fossem protagonistas no processo de aprendizagem, buscando através do desenvolvimento de atividades de investigação científica, proporcionar que desenvolvam a capacidade de desenvolver e assimilar conceitos. As sequências foram elaboradas a partir de pesquisa e na busca de uma metodologia que proporcionasse a construção do conhecimento, para isso buscamos explorar os aspectos da história das ciências, inserindo textos que trouxessem como os cientistas contribuíram ao longo do tempo para o desenvolvimento dos conceitos, possibilitar ao estudante o entendimento que o conhecimento foi desenvolvido através de muito estudo, investigação e desenvolvimento de experimentos.

Sobre o desenvolvimento de experimentos, cada sequência traz roteiros para a construção de experimentos, que podem ser realizados com material de baixo custo, possibilitando a sua construção pelo próprio estudante, e com questionamentos que ajudam a conduzir o estudante na compreensão dos conceitos que estão sendo abordados.

Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir na busca por metodologias alternativas no ensino de Física, que buscam despertar o interesse e a curiosidade apresentando uma física onde o conhecimento é dinâmico, permitindo ao estudante questionar, observar refletir sobre os conceitos que abordamos.

## REFERENCIAS

BRITO, Armando A. de Sousa. Quem Tramou Robert Hooke? Ciência & Tecnologia dos Materiais, Vol. 20, n.º 3/4, 2008.

GALILEU Galilei **Duas novas ciencias: incluindo: Da força de percussão;** tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R.Mariconda 2. ed. Rio de Janeiro: São Paulo: Museu de Astronomia e Ciências Afins; Nova Stella, 1988.

GAMOW, The Great Physicists from Galileo to Einstein, Dover, 1988.

GAMOW, George. **Gravity**. Published by Anchor Books Doubleday & Company, New York, 1962.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física, volume 1: Mecânica**. Editora LTC. Rio de Janeiro. 10ª ed. 2016

HAWKING, Stephen. **On the Shoulders of Giants**. Gra-Bretanha: Penguin Uk. 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KILHIAN, Kleber. **Um Pouco de História**. Disponível em: <http://www.obaricentrodamente.com/2012/02/o-teorema-de-steven.html>

LONGAIR, Theoretical Concepts in Physics, Second Edition, Cambridge 2003.

LONGUINI, Marcos D. e NARDI, Roberto. **Origens Históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.19, n.1: p.64-75, abr. 2000.

MARICONDA, Pablo Rubén. **Galileu e a Ciência moderna**. Caderno de Ciências Humanas – especiaria. V. 9, nº 16, jul/dez, 2006, p.267-292.

MARTINS, Robeto A. **Tratados Físicos de Blaise Pascal**. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, série 2, v.01, n. esp.,dez/1989.

MÁXIMO, Antônio Luiz, ÁLVARES, Beatriz Alvarenga, GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: Contextos e Aplicações**. v. 1, 2ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MOYSÉS, Nussenzveig H. **Curso de Física básica 1- Mecânica**. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo. 4ª ed. 2002.

MOYSÉS, Nussenzveig H. **Curso de Física básica 2- Fluidos, Oscilações e Onda, Calor**. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo. 3ª ed. 1981.

PIETROCOLA, Maurício, et. al. **Física em Contextos 1: ensino médio**. 1ed. São Paulo: Editora do Brasil

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência**. Fundação Alexandre de Gusmão, 2ª ed, Vol II. Brasília, 2012.

Robert Hooke 1635 - 1703. Disponível em: <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/fisica/0006.html>. Acesso em 20 out 2017.

STEFANOVISTS, Angelo (Org.). **Ser Protagonista: Física – 1º ano: Ensino Médio/ obra coletiva concebida e desenvolvida por Edições SM**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **Membrana de um balão: do que depende a pressão interna?** Pergunte ao CREF- Apoio SEAD/UFRGS. 2018.

YAMAMOTO, Kazuhito, FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio: Mecânica**. v. 1, 4ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

TIMOSHENKO, S. P. **History of Strength of Materials: with a Brief Account of the History of Theory of Elasticity and Theory of Structures**. New York: Dover, 1983.

**ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DIRECIONADO A  
PAIS/ RESPONSÁVEIS

O estudante \_\_\_\_\_, pelo qual você é responsável legal, está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada **“O Ensino de Física para a 1º Série do Ensino Médio Através do Método Científico”** a ser conduzida sob a responsabilidade da pesquisadora Elisaine Inês Tonatto Massoline, sob orientação do profº Paulo Juliano Liebgott, do Departamento de Física da UFSC, dentro do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física. A pesquisa tem como objetivo elaborar e aplicar sequências didáticas de ensino de física, para a 1º série do Ensino Médio, através da história da física e atividades experimentais, com suporte teórico no método científico e por meio de uma aprendizagem significativa. Nesta pesquisa serão elaboradas sequências de aula com roteiros experimentais contemplando os seguintes temas: Cinemática; Gravitação Universal; Hidrostática. Os roteiros deverão guiar professores na montagem de experimentos, sejam em ambientes reais ou virtuais, e, principalmente, os estudantes através do método científico. Caso aceite participar você fará parte das atividades onde os estudantes serão capazes de observar fenômenos, fazer hipóteses e construir arcabouços teóricos, fazer previsões e testá-las e, finalmente, elaborar leis físicas.

Como qualquer ação de cunho educacional concernente à pesquisa existem possíveis riscos, de natureza escolar, o que será evitado ao passo em que os responsáveis pelos sujeitos de pesquisa assinarem o TCLE do presente projeto. Na condução das atividades evitaremos: fadigar os estudantes com atividade demasiadamente prolongadas, constranger ou expor os alunos realizando atividades em sala de aula e utilizando questionários sem identificação direta. Ao longo das aulas coletaremos anotações feitas pelos educandos além de gravações de áudio e vídeo que serão fonte de informações

para a presente pesquisa. O acesso a estes dados será única e exclusivamente para o pesquisador e seu orientador e à medida que os dados sejam analisados e divulgados lançaremos mão, quando necessário, de indicativos como aluno (a) ou aluno (1), etc, sem identificação das crianças e jovens, tampouco divulgação de imagens dos menores de idade da comunidade escolar.

Se optar por não participar da pesquisa, o estudante ao qual você é responsável, poderá ficar como simples observador, sem emitir opiniões, ou o professor poderá lhe atribuir alguma outra tarefa em substituição à sua participação. De todo modo, a sua participação ou não na pesquisa não terá qualquer influência positiva ou negativa na avaliação do desempenho escolar do estudante ao qual você é responsável.

No que diz respeito aos benefícios a oportunidade de ter acesso a informações que irão se consolidar como conhecimentos científicos com ênfase em temas atuais, proporcionará ao aluno um ensino mais contextualizado e motivador, podendo incentivá-los para a carreira científica ou tecnológica. O exercício da cidadania e influência para a autonomia do educando também são fatores importantes, uma vez que o conhecimento de processos físicos relativos à história da física, a realização de atividades experimentais, visamos à construção do conhecimento de forma significativa onde as atividades didáticas propostas estimularão a cooperação entre os alunos, senso crítico, tomada de atitudes e organização nas atividades escolares. Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso o estudante ao qual você é responsável sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar em qualquer outra atividade escolar.

Caso você tenha alguma despesa adicional ou sinta-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação na pesquisa, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

A participação nesta pesquisa é totalmente voluntária e você não receberá qualquer forma de remuneração, monetária ou outra, por participar dela. Mesmo consentindo em participar, você pode, a qualquer momento, deixar de participar sem dar qualquer explicação e sem sofrer qualquer consequência. Caso queira desistir ou manifestar-se de qualquer outra maneira, você pode entrar em contato

com a pesquisadora (Elisaine Inês Tonatto Massoline) pelo telefone (49) 985047863 ou e-mail massolineelisaine@yahoo.com.br ou pessoalmente no endereço Rua Brusque 397 E Bairro Bela Vista, em Chapecó/SC ou com o seu orientador (Paulo Juliano Liebgott) pelo telefone (48)99685-3374, email paulo.liebgott@ufsc.br ou pessoalmente no Departamento de Física da UFSC, Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais a pesquisadora e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone 48-3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

### **Consentimento do responsável legal pelo estudante participante**

Tendo lido esse documento e sido esclarecido pelo pesquisador sobre eventuais dúvidas, declaro-me suficientemente informado sobre os objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como sobre meus direitos, e opto por permitir ao estudante citado participar dela de livre e espontânea vontade. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo pesquisador.

Chapecó, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do responsável

Assinatura do pesquisador

Nome legível:

Nome legível:

RG:

RG:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada “**O Ensino de Física para a 1º Série do Ensino Médio Através do Método Científico**” a ser conduzida sob a responsabilidade da pesquisadora Elisaine Inês Tonatto Massoline, sob orientação do profº Paulo Juliano Liebgott, do Departamento de Física da UFSC, dentro do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física. A pesquisa tem como objetivo elaborar e aplicar sequências didáticas de ensino de física, para a 1º série do Ensino Médio, através da história da física e atividades experimentais, com suporte teórico no método científico e por meio de uma aprendizagem significativa. Nesta pesquisa serão elaboradas sequências de aula com roteiros experimentais contemplando os seguintes temas: Cinemática; Gravitação Universal; Hidrostática. Os roteiros deverão guiar professores na montagem de experimentos, sejam em ambientes reais ou virtuais, e, principalmente, os estudantes através do método científico. Caso aceite participar você fará parte das atividades onde os estudantes serão capazes de observar fenômenos, fazer hipóteses e construir arcabouços teóricos, fazer previsões e testá-las e, finalmente, elaborar leis físicas.

Como qualquer ação de cunho educacional concernente à pesquisa existem possíveis riscos, de natureza escolar, o que será evitado ao passo em que os responsáveis pelos sujeitos de pesquisa assinarem o TCLE do presente projeto. Na condução das atividades evitaremos: fadigar os estudantes com atividade demasiadamente prolongadas, constranger ou expor os alunos realizando atividades em sala de aula e utilizando questionários sem identificação direta. Ao longo das aulas coletaremos anotações feitas pelos educandos além de gravações de áudio e vídeo que serão fonte de informações para a presente pesquisa. O acesso a estes dados será única e exclusivamente para o pesquisador e seu orientador e à medida que os dados sejam analisados e divulgados lançaremos mão, quando necessário, de indicativos como aluno (a) ou aluno (1), etc, sem identificação das crianças e jovens, tampouco divulgação de imagens dos menores de idade da comunidade escolar.

Se optar por não participar da pesquisa, você poderá ficar como simples observador, sem emitir opiniões, ou o professor poderá lhe atribuir alguma outra tarefa em substituição à sua participação. De todo modo, a sua participação ou

não na pesquisa não terá qualquer influência positiva ou negativa na avaliação de seu desempenho escolar.

No que diz respeito aos benefícios a oportunidade de ter acesso a informações que irão se consolidar como conhecimentos científicos com ênfase em temas atuais, proporcionará ao aluno um ensino mais contextualizado e motivador, podendo incentivá-los para a carreira científica ou tecnológica. O exercício da cidadania e influência para a autonomia do educando também são fatores importantes, uma vez que o conhecimento de processos físicos relativos à história da física, a realização de atividades experimentais, visamos a construção do conhecimento de forma significativa onde as atividades didáticas propostas estimularão a cooperação entre os alunos, senso crítico, tomada de atitudes e organização nas atividades escolares.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso você sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar em qualquer outra atividade escolar.

Caso você tenha alguma despesa adicional ou sinta-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação na pesquisa, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

A participação nesta pesquisa é totalmente voluntária e você não receberá qualquer forma de remuneração, monetária ou outra, por participar dela. Mesmo consentindo em participar, você pode, a qualquer momento, deixar de participar sem dar qualquer explicação e sem sofrer qualquer consequência. Caso queira desistir ou manifestar-se de qualquer outra maneira, você pode entrar em contato com a pesquisadora (Elisaine Inês Tonatto Massoline) pelo telefone (49) 985047863 ou e-mail [massolineelisaine@yahoo.com.br](mailto:massolineelisaine@yahoo.com.br) ou pessoalmente no endereço Rua Brusque 397 E Bairro Bela Vista, em Chapecó/SC ou com o seu orientador (Paulo Juliano Liebgott) pelo telefone (48)99685-3374, email [paulo.liebgott@ufsc.br](mailto:paulo.liebgott@ufsc.br) ou pessoalmente no Departamento de Física da UFSC, Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais a pesquisadora e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir

rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone 48-3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

### **Consentimento do participante**

Tendo lido esse documento e sido esclarecido pelo pesquisador sobre eventuais dúvidas, declaro-me suficientemente informado sobre os objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como sobre meus direitos, e opto por participar dela de livre e espontânea vontade. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo pesquisador.

Chapecó, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do participante

Nome legível:

RG:

Assinatura do pesquisador

Nome legível:

RG:

### **ANEXO C – Termo de Assentimento**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada “**O Ensino de Física para a 1º Série do Ensino Médio Através do Método Científico**” a ser conduzida sob a responsabilidade da pesquisadora Elisaine Inês Tonatto Massoline, sob orientação do profº Paulo Juliano Liebgott, do Departamento de Física da UFSC, dentro do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física. A pesquisa tem como objetivo elaborar e aplicar sequências didáticas de ensino de física, para a 1º série do Ensino Médio, através da história da física e atividades experimentais, com suporte teórico no método científico e por meio de uma aprendizagem significativa. Nesta pesquisa serão elaboradas sequências de aula com roteiros experimentais contemplando os seguintes temas: Cinemática; Gravitação Universal; Hidrostática. Os roteiros deverão guiar professores na montagem de experimentos, sejam em ambientes reais ou virtuais, e, principalmente, os estudantes através do método científico. Caso aceite participar você fará parte das atividades onde os estudantes serão capazes de observar fenômenos, fazer hipóteses e construir arcabouços teóricos, fazer previsões e testá-las e, finalmente, elaborar leis físicas.

Como qualquer ação de cunho educacional concernente à pesquisa existem possíveis riscos, de natureza escolar, o que será evitado ao passo em que os responsáveis pelos sujeitos de pesquisa assinarem o TCLE do presente projeto. Na condução das atividades evitaremos: fadigar os estudantes com atividade demasiadamente prolongadas, constranger ou expor os alunos realizando atividades em sala de aula e utilizando questionários sem identificação direta. Ao longo das aulas coletaremos anotações feitas pelos educandos além de gravações de áudio e vídeo que serão fonte de informações para a presente pesquisa. O acesso a estes dados será única e exclusivamente para o pesquisador e seu orientador e à medida que os dados sejam analisados e divulgados lançaremos mão, quando necessário, de indicativos como aluno (a) ou aluno (1), etc, sem identificação das crianças e jovens, tampouco divulgação de imagens dos menores de idade da comunidade escolar.

Se optar por não participar da pesquisa, você poderá ficar como simples observador, sem emitir opiniões, ou o professor poderá lhe atribuir alguma outra tarefa em substituição à sua participação. De todo modo, a sua participação ou

não na pesquisa não terá qualquer influência positiva ou negativa na avaliação de seu desempenho escolar.

No que diz respeito aos benefícios a oportunidade de ter acesso a informações que irão se consolidar como conhecimentos científicos com ênfase em temas atuais, proporcionará ao aluno um ensino mais contextualizado e motivador, podendo incentivá-los para a carreira científica ou tecnológica. O exercício da cidadania e influência para a autonomia do educando também são fatores importantes, uma vez que o conhecimento de processos físicos relativos a história da física, a realização de atividades experimentais, visamos a construção do conhecimento de forma significativa onde as atividades didáticas propostas estimularão a cooperação entre os alunos, senso crítico, tomada de atitudes e organização nas atividades escolares. Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso você sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar em qualquer outra atividade escolar.

Caso você tenha alguma despesa adicional ou sinta-se lesado física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação na pesquisa, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

A participação nesta pesquisa é totalmente voluntária e você não receberá qualquer forma de remuneração, monetária ou outra, por participar dela. Mesmo consentindo em participar, você pode, a qualquer momento, deixar de participar sem dar qualquer explicação e sem sofrer qualquer consequência. Caso queira desistir ou manifestar-se de qualquer outra maneira, você pode entrar em contato com a pesquisadora (Elisaine Inês Tonatto Massoline) pelo telefone (49) 985047863 ou e-mail [massolineelisaine@yahoo.com.br](mailto:massolineelisaine@yahoo.com.br) ou pessoalmente no endereço Rua Brusque 397 E Bairro Bela Vista, em Chapecó/SC ou com o seu orientador (Paulo Juliano Liebgott) pelo telefone (48)99685-3374, email [paulo.liebgott@ufsc.br](mailto:paulo.liebgott@ufsc.br) ou pessoalmente no Departamento de Física da UFSC, Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais a pesquisadora e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir

rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo assentimento, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone 48-3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

### **Assentimento do participante**

Tendo lido esse documento e sido esclarecido pelo pesquisador sobre eventuais dúvidas, declaro-me suficientemente informado sobre os objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como sobre meus direitos, e opto por participar dela de livre e espontânea vontade. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo pesquisador.

Chapecó, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do participante

Nome legível:

RG:

Assinatura do pesquisador

Nome legível:

RG: