



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

CAMILA BRITO COLLARES DA SILVA

**USO DA MODELAGEM CIENTÍFICA COMO RECURSO INSTRUCIONAL PARA
O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO
MÉDIO**

**Bagé
2018**

CAMILA BRITO COLLARES DA SILVA

**USO DA MODELAGEM CIENTÍFICA COMO RECURSO INSTRUCIONAL PARA
O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO
MÉDIO**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências da Fundação Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles

**Bagé
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C183u Collares da Silva, Camila Brito
USO DA MODELAGEM CIENTÍFICA COMO RECURSO INSTRUCIONAL
PARA O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO
ENSINO MÉDIO / Camila Brito Collares da Silva.
145 p.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do
Pampa, MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2018.
"Orientação: Pedro Fernando Teixeira Dorneles".

1. Modelagem Científica. 2. Episódios de Modelagem.
3. Ensino Médio. 4. Ensino de Física. I. Título.

CAMILA BRITO COLLARES DA SILVA

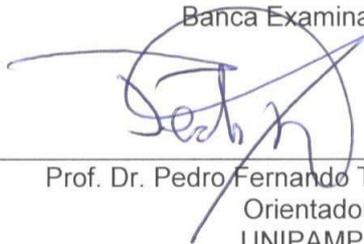
**USO DA MODELAGEM CIENTÍFICA COMO RECURSO
INSTRUCIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES
EXPERIMENTAIS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

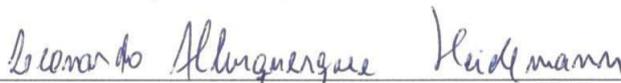
Área de concentração: Ensino de Ciências

Dissertação defendida e aprovada em: 22 de dezembro de 2017.

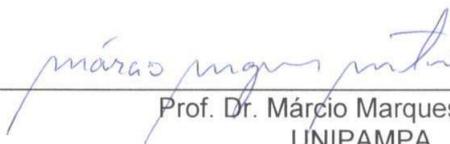
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann
UFRGS



Prof. Dr. Márcio Marques Martins
UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais e minha irmã, por estarem sempre ao meu lado me dando todo suporte e incentivo para sempre buscar meus objetivos.

Ao meu orientador, professor Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles, por me acompanhar em várias etapas importantes da minha profissão e ser um exemplo de professor e orientador, estando sempre disponível para auxiliar e compartilhar seus conhecimentos com seus alunos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências por todos os seus ensinamentos e discussões realizados ao longo dos dois anos de curso.

Ao meu colega e amigo Januário Dias, pelo apoio e auxílio no desenvolvimento e construção dos aparatos experimentais que utilizei em sala de aula.

Ao professor Luiz Antônio Dworakowski pela sua contribuição no desenvolvimento do Episódio sobre geração de energia elétrica.

Ao projeto Feira de Ciências, coordenado pelo professor Dr. Edson M. Kakuno por todo apoio ao longo do mestrado.

À direção da UNIPAMPA - Campus Bagé, pelo apoio com o transporte, possibilitando a realização de uma visita técnica com os alunos.

À direção e à professora de Física da Escola Estadual de Ensino Médio Silveira Martins, por ter nos permitido desenvolver nossas atividades dentro do seu espaço e com os seus alunos.

Aos alunos da turma 131 por me receberem e se esforçarem em participar das atividades propostas.

A todos, muito obrigada!!!!

RESUMO

O uso dos Episódios de Modelagem pode propiciar e contribuir para a realização de atividades experimentais dentro da sala de aula de Física do Ensino Médio, de forma integrada à teoria que está sendo estudada, sem a necessidade de haver um momento ou um espaço único para esse tipo de atividade. Os caminhos para chegarmos a esta afirmação estão descritos no presente trabalho. Inicialmente buscou-se realizar uma adaptação dos Episódios de Modelagem propostos por Heidemann (2015) de forma a ter significado para alunos do Ensino Médio. Esta metodologia se baseia na concepção epistemológica de ciência de Mario Bunge, a qual possibilita realizar relações entre um modelo teórico e um trabalho experimental. Para a realização da adaptação dos Episódios de Modelagem, procurou-se evidenciar as três etapas definidas para o desenvolvimento desta metodologia, sendo elas: i) discussão inicial; ii) investigação e iii) discussão final, para que assim os alunos pudessem entender os procedimentos realizados a cada aula. Neste trabalho, apresentam-se dois Episódios de Modelagem desenvolvidos com alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma Escola Pública da rede Estadual, da cidade Bagé/RS. Estes episódios foram desenvolvidos a partir de dois temas, sendo eles: pêndulos e geração de energia elétrica. Para levar estas atividades para o Ensino Médio, atentou-se principalmente para o desenvolvimento dos materiais utilizados, de forma que esses auxiliassem os alunos de forma clara e proporcionassem autonomia aos grupos, porém sem incluir procedimentos explícitos a serem seguidos. Para isso os materiais foram estruturados contendo questionamentos. Como forma de chamar a atenção dos alunos, utilizamos recursos para o desenvolvimento da etapa de investigação: no Episódio I foi usada como ferramenta de coleta e análise de dados a plataforma microcontrolada Arduino e o *software* de vídeo análise *Tracker*; no Episódio II, construímos um gerador elétrico de laboratório e realizamos uma visita técnica a uma usina termoelétrica. A análise do desenvolvimento dos episódios foi baseada nas evidências de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011) dos grupos de trabalho. Índícios foram levantados a partir de categorias criadas sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem criados para cada um dos Episódios de Modelagem. Encontramos indícios de que dos cinco grupos de alunos formados, houve quatro que demonstraram evidências de aprendizagem significativa. Em relação às condições para ocorrência da aprendizagem significativa consideramos que, quando as atividades envolviam coleta de dados, todos os grupos manifestaram predisposição para aprender e se empenharam em apresentar respostas com significância, ou seja, articulando seus conhecimentos com os conteúdos presentes nos episódios. Assim, consideramos que as duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, predisposição e material potencialmente significativo, foram satisfeitas, apesar de alguns grupos não terem atingido essas duas condições em todas as etapas dos episódios, principalmente nos momentos das discussões finais. Como perspectivas futuras, temos a implementação de novos Episódios de Modelagem no Ensino Básico, que tenham como objetivo instigar os alunos a ser mais reflexivos e críticos em relação aos conceitos que estão sendo estudados, de modo que criem o hábito de se preparar para realizar discussões em sala de aula. Esta dissertação gerou um produto educacional que se constitui de um material de apoio para que docentes da área de Física possam desenvolver os Episódios de Modelagem aqui descritos.

Palavras-chave: Modelagem Científica; Episódios de Modelagem; Ensino Médio; Ensino de Física; Pêndulo; Gerador elétrico.

ABSTRACT

The use of Modeling Episodes can provide and contribute to the accomplishment of experimental activities within the High School Physics classroom, in an integrated way the theory being studied, without the need to have a moment or a space for this type of activity. The ways to arrive at this affirmation are described in the present work. Initially we adapt the Modeling Episodes proposed by Heidemann (2015) in order to have meaning for high school students. This methodology is based on the epistemological conception of science of Mario Bunge, which makes possible to realize relations between the theoretical and the experimental model. For the adaptation of the Modeling Episodes, we tried to highlight the three stages defined for the development of this methodology, being: i) initial discussion; ii) research and iii) final discussion, so that the students could understand the procedures performed in each class. In this work two Modeling Episodes developed with students of the 3rd year of High School of a Public School, of the city Bagé / RS, are presented. These episodes were developed from two themes, being: simple pendulum and electric power generation. To carry these activities to High School was mainly focused on the development of the materials used, so that these help students clearly and provide autonomy to the groups, but without explicit procedures to be followed, for this the materials were structured containing questions. As a way to draw students attention, we used resources for the development of the research stage, in Episode I was used as a tool for data collection and analysis the Arduino microcontrolled platform and video analysis software Tracker, in Episode II we built an electric generator and we made a technical visit to a thermoelectric plant. The analysis of the development of the episodes was based on the evidences of significant learning (MOREIRA, 2011) of the working groups. Clues were drawn from categories created on the achievement of the learning objectives created for each of the Modeling Episodes. We found evidence that of the five groups of students formed, there were four that demonstrated evidence of significant learning. Regarding the conditions for the occurrence of meaningful learning, we considered that when the activities involved data collection, all groups showed a predisposition to learn and were committed to presenting answers with significance that is, articulating their knowledge with the contents present in the episodes. Thus, we considered that the two conditions for the occurrence of significant learning, predisposition and potentially significant material were met, although some groups did not reach these two conditions at all stages of the episodes, especially at the moments of the final discussions. As future perspectives we have the implementation of new Modeling Episodes in Basic Education, which aim to instigate students to be more reflexive and critical of the concepts being studied, so that they become the habit of preparing for discussions in classroom. This dissertation generated an educational product that is constituted of a material of support so that teachers of the area of Physics can develop the Episodes of Modeling described here.

Key words: Scientific Modeling; Modeling Episodes; High School; Physics Teaching; Pendulum; Electric Generator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos para o desenvolvimento da Modelagem Científica	36
Figura 2a: Acelerômetro (MMA7361), no detalhe eixos de orientação.....	41
Figura 2b: Representação esquemática de um acelerômetro	41
Figura 3: Módulo <i>Bluetooth</i> (HC-06).....	41
Figura 4: Circuito impresso do sensor <i>Bluetooth</i>	42
Figura 5a: Aparato experimental estudado	43
Figura 5b: Representação esquemática mostrando as acelerações sobre o pêndulo simples na direção normal atuando sobre o acelerômetro.....	43
Figura 6: Dados experimentais medidos pelo acelerômetro na direção radial.	44
Figura 7: Previsão teórica para a aceleração medida pelo acelerômetro	45
Figura 8: Gráfico de posição <i>versus</i> tempo	48
Figura 9: Gerador elétrico de laboratório	49
Figura 10: Disposição das bobinas do gerador elétrico de laboratório	49
Figura 11: Disposição dos ímãs no gerador elétrico de laboratório	49
Figura 12: Questão 4 do questionário inicial	55
Figura 13: Gráfico elaborado pelo aluno 2.....	55
Figura 14: Questão 1 do questionário inicial	56
Figura 15: Questão 4 do questionário inicial	57
Figura 16: Resposta correta do aluno 2	57
Figura 17: Resposta incorreta do aluno 18	57
Figura 18: Tabela para registro de dados.....	58
Figura 19: Pêndulo de laboratório.....	58
Figura 20: Materiais disponíveis para os grupos	59
Figura 21: Ângulo de lançamento do pêndulo.....	59
Figura 22: Alunos realizando o experimento inicial.....	60
Figura 23: Tabela de dados do grupo 2	61
Figura 24: Análise gráfica - posição <i>versus</i> tempo.....	61
Figura 25: Análise gráfica - aceleração <i>versus</i> tempo	62
Figura 26: Simulação de um pêndulo simples utilizando o software Modellus	63
Figura 27: Grupos construindo cartazes com seus resultados	68
Figura 28: Gráfico para amplitude de 15° e períodos determinados pelo grupo 1	69
Figura 29: Gráfico para amplitude de 15° e períodos determinados pelo grupo 2	69
Figura 30: Gráfico para comprimento de 0,55m e períodos determinados pelo grupo 3	69
Figura 31: Gráfico para comprimento de 0,45m e períodos determinados pelo grupo 4	70
Figura 32: Gráfico para o corpo com massa de 366,2 g e períodos determinados pelo grupo 5	70
Figura 33: Gráfico o corpo com massa de 200 g e períodos determinados pelo grupo 6	71
Figura 34: Grupos apresentando seus resultados	72
Figura 35: Cartaz com os resultados do grupo 1.....	74
Figura 36: Cartaz com os resultados do grupo 2.....	74
Figura 37: Cartaz com os resultados do grupo 3.....	74
Figura 38: Cartaz com os resultados do grupo 4.....	74
Figura 39: Cartaz com os resultados do grupo 5.....	75
Figura 40: Questão 4 do questionário inicial	78
Figura 41: Representação de uma usina	78
Figura 42: Desenho do aluno 12 de uma usina hidrelétrica	79

Figura 43: Principais formas de geração de energia no Brasil	80
Figura 44: Imagem exibida aos alunos durante a discussão sobre força eletromotriz	83
Figura 45: Materiais disponibilizados para a investigação	84
Figura 46: Alunos realizando atividade experimental	85
Figura 47: Alunos na visita técnica à CGTEE	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Artigos encontrados em pesquisa realizada em quatro periódicos nacionais	16
Quadro 2: Exemplos de situações modeladas em Física.....	32
Quadro 3: Cronograma das atividades realizadas no Episódio de Modelagem I	37
Quadro 4: Cronograma das atividades realizadas no Episódio de Modelagem II	38
Quadro 5: Análise das respostas do Questionário Inicial.....	55
Quadro 6: Objetivo de Aprendizagem I.....	63
Quadro 7: Objetivo de Aprendizagem II	64
Quadro 8: Objetivos de Aprendizagem III e IV.....	68
Quadro 9: Objetivo de Aprendizagem V	73
Quadro 10: Análise do questionário inicial II.....	78
Quadro 11: Objetivo de Aprendizagem I.....	81
Quadro 12: Objetivo de Aprendizagem II	88
Quadro 13: Objetivo de Aprendizagem III.....	90
Quadro 14: Questões sobre a visita técnica	92
Quadro 15: Objetivo de Aprendizagem IV.....	94
Quadro 16: Análise dos objetivos de aprendizagem dos Episódios I e II	97
Quadro 17: Questionário final sobre o desenvolvimento das aulas	98

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	ESTUDOS RELACIONADOS	16
2.1	Modelagem Científica	16
2.1.1	Heidemann, Araujo e Veit (2016).....	18
2.1.2	Brandão, Araujo e Veit (2011)	19
2.1.3	Schwarz et al. (2009).....	21
2.2	Coleta de dados a partir do Arduino	23
2.2.1	Souza et al. (2011).....	24
2.2.2	Rocha, Marranghello e Lucchese (2014)	25
2.2.3	Haag, Araujo e Veit (2005).....	26
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
3.1	A aprendizagem significativa de David Ausubel	29
3.2	Concepção epistemológica de ciência de Mario Bunge	31
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
4.1	Objetivos	34
4.1.1	Objetivo geral	34
4.1.2	Objetivos específicos	34
4.2	Episódios de Modelagem e seus objetivos de aprendizagem	35
4.3	Local de Aplicação	38
4.4	Recursos Instrucionais.....	39
4.4.1	Episódio de Modelagem I: Pêndulo simples	39
4.4.1.1	<i>Plataforma microcontrolada Arduino e seus componentes</i>	39
4.4.1.2	<i>Software de vídeo análise Tracker</i>	47
4.4.2	Episódio de Modelagem II: Geração de energia elétrica.....	48
4.4.2.1	<i>Gerador elétrico de laboratório</i>	48
4.4.3	Finalização dos Episódios de Modelagem	50
4.4.3.1	<i>Clickers</i>	50
4.5	METODOLOGIA DE PESQUISA	50
5	RESULTADOS.....	53
5.1	Relatos das atividades.....	53
5.1.1	Episódio de Modelagem I – Pêndulos.....	53
5.1.1.1	Etapa I - Discussão Inicial	53
5.1.1.1.1	<i>Encontro 1: Aulas 1 e 2 - Apresentação da Modelagem Científica e realização do questionário inicial</i>	53

5.1.1.1.2	Encontro 2: Aulas 3 e 4 – Desenvolvimento experimental inicial.....	58
5.1.1.1.3	Encontro 3: Aulas 5 e 6 – Finalização do experimento inicial.....	60
5.1.1.2	Etapa II – Investigação.....	65
5.1.1.2.1	Encontro 4: Aulas 7 a 9 – Desenvolvimento experimental.....	65
5.1.1.2.2	Encontro 5: Aulas 10 a 12 – Finalização do desenvolvimento experimental.....	67
5.1.1.3	Etapa III – Discussão Final.....	71
5.1.1.3.1	Encontro 6: Aula 13 – Discussão dos resultados.....	71
5.1.2	Episódio de Modelagem II – Geração de Energia.....	77
5.1.2.1	Etapa I – Discussão Inicial.....	77
5.1.2.1.1	Encontro 1: Aula 1 - Realização do questionário inicial.....	77
5.1.2.1.2	Encontro 2: Aulas 2 e 3 – Introdução ao episódio e discussão conceitual.....	79
5.1.2.2	Etapa II - Investigação.....	82
5.1.2.2.1	Encontro 3: Aulas 4 e 5 – Imãs, bobinas e galvanômetro.....	82
5.1.2.2.2	Encontro 4: Aula 6 – Gerador elétrico de laboratório.....	85
5.1.2.2.3	Encontro 5: Aula 7 – Gerador elétrico de laboratório.....	86
5.1.2.2.4	Encontro 6: Aulas 8 a 12 – Visita técnica.....	87
5.1.2.3	Etapa III – Discussão Final.....	92
5.1.2.3.1	Encontro 7: Aula 13 – Questionário sobre a visita técnica.....	92
5.1.3	Análise dos Objetivos de Aprendizagem.....	95
5.1.4	Encerramento dos Episódios de Modelagem.....	98
5.1.4.1	Encontro 8: Aula 14 – Questionário sobre o desenvolvimento dos Episódios I e II.....	98
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
7	REFERÊNCIAS.....	106
	APÊNDICE A – Apresentação Inicial Episódio de Modelagem I.....	109
	APÊNDICE B – Questionário Inicial Episódio de Modelagem I.....	111
	APÊNDICE C – Guia Experimental Inicial Episódio de Modelagem I.....	113
	APÊNDICE D – Discussão Conceitual Episódio de Modelagem I.....	116
	APÊNDICE E – Questões Norteadoras Episódio de Modelagem I.....	117
	APÊNDICE F – Guia Experimental I Episódio de Modelagem I.....	119
	APÊNDICE G – Passo a passo utilização Placa Arduino.....	123
	APÊNDICE H – Passo a passo utilização Software Tracker.....	127
	APÊNDICE I – Questionário Inicial Episódio de Modelagem II.....	129
	APÊNDICE J – Discussão Inicial Episódio de Modelagem II.....	130
	APÊNDICE K – Discussão conceitual Episódio de Modelagem II.....	133
	APÊNDICE L – Guia Experimental Episódio de Modelagem II.....	136
	APÊNDICE M – Questionário sobre o gerador elétrico de laboratório Episódio de Modelagem II...	140

APÊNDICE N – Questionário sobre a visita técnica Episódio de Modelagem II	141
APÊNDICE O – Questionário sobre os Episódios de Modelagem I e II	143
APÊNDICE P – Esquema do circuito do Arduino com as ligações dos sensores Acelerômetro e módulo <i>Bluetooth</i>	144
APÊNDICE Q – Código do programa para utilização do sensor Acelerômetro (MMA 7361) na placa microcontrolada Arduino	145

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios de um professor em sala de aula é manter a atenção dos alunos, de modo a evidenciar a relevância do conteúdo e despertar o seu interesse para que atuem como protagonistas na construção do seu próprio conhecimento. Essa passividade pode estar relacionada à maneira como sempre se trabalhou em uma sala de aula, a qual o professor assume diante da turma o papel de detentor do conhecimento e os alunos, sentados e enfileirados, copiam o conteúdo que está no quadro, o qual, muitas vezes, é o mesmo que está escrito no seu livro-texto (MOREIRA, 2010, p. 02). Este modelo de aula não chama a atenção do aluno, pois é algo repetitivo, já que somente ocorre transmissão de conhecimento por parte do professor, enquanto que o aluno escuta, sem interagir e compartilhar suas ideias. Segundo Moreira, centrar o ensino no aluno não quer dizer que ele estará livre para aprender o que quiser, mas sim mostrar para o aluno que ele é o responsável pela sua aprendizagem, ou seja, ele buscará identificar quais conceitos terão novos significados na sua estrutura cognitiva (ibid., p. 05). Desta forma, o aluno passa a perceber o seu papel dentro da sala de aula, dando significado, ou não, ao seu novo conhecimento. Por outro lado, os alunos podem demonstrar resistência a atividades diferenciadas, nas quais sejam levados a ter que debater com os colegas, exigindo-lhes que pensem e sejam ativos em sala de aula. Por essa razão, essa proposta deve ser introduzida aos poucos, alternando com aulas tradicionais e outros tipos de atividades (ibid., p. 07).

De acordo com Schwarz et al. (2009), para buscar o engajamento dos alunos é importante, inicialmente, deixar claro o que será realizado em aula, bem como seus objetivos propostos, para que possa fazer sentido ao aluno, ajudando-o a entender o motivo pelo qual determinado conceito está sendo estudado. Segundo dispõe os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio:

Quando “o que ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante. Finalidades para o conhecimento a ser apreendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir. (BRASIL, 2002, p. 61)

Nessa perspectiva, desenvolvemos uma adaptação dos Episódios de Modelagem propostos por Heidemann (2015) para o Ensino Médio. Ao utilizar esta metodologia, buscamos dar oportunidade a alunos de uma escola pública de investigar as relações existentes entre teoria e prática, levando para a sala de aula processos de atividades experimentais, visto que esta metodologia está fundamentada na Modelagem Científica, a qual permite que estas relações sejam estudadas. Ainda, com o uso desta metodologia investigamos a forma como esta pode contribuir para que os alunos obtenham uma aprendizagem significativa. Realizamos dois Episódios de Modelagem sobre o conceito de pêndulo simples, o qual representa um movimento oscilatório em torno de um eixo, e o conceito de geração de energia elétrica, que utilizamos como forma de incentivo e exemplificação uma usina termoeletrica que está localizada a 55 km de distância da escola. Estes episódios possuem etapas bem definidas, sendo elas: a discussão inicial, investigação e discussão final.

Para o desenvolvimento das atividades, partimos dos conhecimentos dos alunos a respeito dos conceitos envolvidos em cada um dos episódios, para isso realizamos questionários iniciais. Com estes conhecimentos e ao longo do desenvolvimento das etapas, procuramos desenvolver os materiais necessários para as atividades de forma que fizessem sentido aos alunos, também procuramos proporcionar a eles o contato com diferentes formas de coleta e análise de dados. Com estas atividades, colocamos os alunos em uma nova dinâmica de sala de aula, permitindo que realizassem questionamentos e reflexões e, principalmente, vinculassem os conceitos físicos estudados com situações reais e de laboratório.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

Os estudos relacionados, apresentados nessa seção, serão divididos da seguinte forma: na seção 2.1, descreveremos os artigos encontrados sobre Modelagem Científica e suas contribuições para o presente projeto; na seção 2.2, apresentaremos os artigos que tratam de coleta de dados a partir da plataforma microcontrolada Arduino.

2.1 Modelagem Científica

Como referência para a fundamentação de atividades experimentais para o Ensino Médio, foi realizada uma pesquisa em quatro periódicos nacionais, a saber: *Revista Brasileira de Ensino de Física* (até o nº 3 do volume 39); *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (até o nº 3 do volume 33); *Ciência e Educação* (até o nº 4 do volume 22); e *Investigações em Ensino de Ciências* (até o nº 3 do volume 21). As palavras-chaves utilizadas para a realização da busca foram “Bunge” e “Modelagem Científica”. Uma síntese dos trabalhos encontrados pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1: Artigos encontrados em pesquisa realizada em quatro periódicos nacionais

Revista	Autores	Ano de publicação	Título	Objetivo principal ¹
<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit.	2016	Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em Física.	Utilizar a modelagem científica para realizar atividades experimentais que propiciem o engajamento dos alunos do Ensino Superior.
<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>	Alberto Cupani; Maurício Pietrocola.	2002	A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências.	Trazer, para o ensino de ciências, a discussão sobre a questão de que a explicação científica não é uma cópia da realidade.
	Rafael V. Brandão; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit.	2011	A modelagem científica vista como um campo conceitual.	Mostrar a relevância didática da utilização da modelagem científica para o ensino de Física.
	Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit.	2012	Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais	Apresentar possibilidades e obstáculos em relação ao uso dos ciclos de modelagem como forma de trabalhar conteúdos de

¹ Os objetivos aqui descritos não são transcrições literais dos artigos e sim a interpretação dos autores após a leitura dos trabalhos citados.

			no ensino de Física.	modo mais contextualizado e com maior envolvimento dos estudantes.
	Leonardo A. Heidemann; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit.	2016	Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física.	Vincular teoria e prática, utilizando o processo de modelagem e buscando o envolvimento dos estudantes do Ensino Superior.
<i>Ciência e Educação</i>	Murilo Westphal; Thais C. Pinheiro.	2004	A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências.	Apresentar os princípios da epistemologia de Mario Bunge e a importância do conhecimento científico.
	Leonor C. Cudmani; Marta A. Pesa	2008	La evolución de los significados de los conceptos científicos en relación con la estructura cognitiva de los estudiantes.	Mostrar a relevância da reflexão acerca do conhecimento científico para uma melhor investigação e aprendizagem dos estudantes.
	Juliana Machado; Sonia Maria S. C. S. Cruz.	2011	Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana.	Explorar o processo da Ciência para então estabelecer relações entre as teorias científicas e a realidade.
	Pedro F. T. Dorneles; Ives Solano Araujo; Eliane Angela Veit.	2012	Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física geral.	Buscar evidências de aprendizagem significativa dos estudantes a partir da integração entre atividades computacionais e experimentais.
<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	Maurício Pietrocola	1999	Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de ciências através de modelos.	Apresentar críticas ao movimento construtivista, bem como reflexões sobre o papel de modelos na ciência.
	Felipe Damasio; Luiz O. Q. Peduzzi.	2015	A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend.	Incluir aspectos históricos dos trabalhos dos cientistas na escola, buscando uma atuação maior dos alunos no processo de sua aprendizagem.

Fonte: Autora

Dos onze artigos acima expostos, destacamos dois trabalhos (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016; e BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2011), nos quais a modelagem científica é tratada como um procedimento teórico e metodológico a ser utilizado no Ensino de Física. Todavia, trata-se de trabalhos voltados para o Ensino Superior; razão pela qual buscamos adaptá-los em nosso projeto para o Ensino Médio. Desta maneira, procuramos complementar a discussão por meio de uma publicação internacional (SCHWARZ et al., 2009), a qual demonstra a possibilidade de introduzir a modelagem científica no Ensino Básico. A seguir, faremos uma breve apresentação dos principais pontos dos artigos

escolhidos. É importante destacar que apenas três artigos serão discutidos por apresentarem maior relevância para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1.1 Heidemann, Araujo e Veit (2016)

Na publicação da *Revista Brasileira de Ensino de Física*, os autores têm por objetivo apresentar um novo olhar sobre as aulas de laboratório de Física no Ensino Superior, por meio do uso da modelagem científica. A proposta visa tornar o aluno o protagonista de sua aprendizagem, de modo que sua atuação não se restrinja apenas a seguir roteiros rígidos para o desenvolvimento dos experimentos. Nesse sentido, os autores destacam que muitas das atividades propostas em laboratório são realizadas de forma mecânica, com roteiros do tipo passo a passo e preenchimento de tabelas, sem que haja reflexão a respeito do conceito teórico envolvido, causando, assim, um distanciamento entre teoria e prática.

A proposta realizada pelos autores conhecida como *episódios de modelagem* é inspirada nos ciclos de modelagem de Hestenes, os quais se estruturam da seguinte forma: i) discussão inicial; ii) investigação; e iii) discussão final (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-3).

Na apresentação inicial, o professor deve expor uma situação real, de conhecimento dos alunos, que se relacione com o conceito envolvido no problema a ser investigado. Em seguida, será apresentada uma simplificação desta situação, a qual pode ser utilizada como aparato experimental, representando, assim, a situação real. Uma das atividades realizada pelos autores, denominada “Pêndulo”, a qual, em uma situação real, poderia ser um relógio de pêndulo, ou, ainda, um gravímetro pendular. Já a simplificação desta corresponde ao pêndulo utilizado em laboratório.

Nesse sentido, os autores ressaltam a importância de o aluno perceber que o pêndulo simples, por exemplo, é uma simplificação do evento real. Como enunciado do problema alguns questionamentos são apresentados nesta etapa inicial, como o quanto se pode considerar uma amplitude de um pêndulo pequena, quando se pode considerar o fio ser inextensível e de massa desprezível, e o corpo suspenso ser pontual. Com este problema, os estudantes devem avaliar a validade deste modelo, identificando as condições reais para que as previsões dos períodos possuam diferenças de, no máximo, 5% dos períodos dos pêndulos reais.

Na segunda etapa, os estudantes devem investigar como deverão proceder para resolver o problema proposto anteriormente. Nesta etapa, eles serão os protagonistas, decidindo sobre quais materiais utilizarão, bem como em relação à forma de coleta de dados. Apesar da modelagem científica não utilizar roteiros delimitados, é fornecido um guia para nortear a atividade, contendo: i) a problematização do episódio de modelagem; ii) conhecimentos científicos básicos úteis para as investigações; e iii) opções de investigação (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-4). O professor, neste momento do desenvolvimento da atividade, atuará como mediador, auxiliando e orientando os grupos com suas dúvidas e dificuldades.

Na última etapa do episódio de modelagem, os grupos expõem para a turma seus resultados, bem como quais foram suas escolhas e seus motivos. Neste momento, o professor pode conduzir os estudantes ao debate, incentivando-os a compartilharem seus pensamentos e introduzindo termos técnicos. Para os autores, nesta etapa, busca-se que “[...] os estudantes desenvolvam competências para se expressarem na forma oral, construindo argumentos fundamentados em conhecimentos científicos e em evidências experimentais” (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-5).

Ao longo do artigo, os autores destacam quatro atividades que realizaram em aulas de laboratório no Ensino Superior. Eles mencionam os problemas a serem resolvidos pelos estudantes, fazem uma breve apresentação sobre o desenvolvimento das atividades e, ao final, mostram que a proposta realizada teve por objetivo possibilitar o vínculo entre teoria e prática, fazendo com que os estudantes pudessem refletir sobre suas ações no laboratório, tornando-se, desta forma, protagonistas do desenvolvimento de seu conhecimento. Os autores ressaltam, ainda, que a utilização dos episódios de modelagem nas aulas de laboratório busca “[...] incentivar os estudantes a se engajarem nas atividades, possibilitando que eles sejam ativos nas aulas de laboratório, refletindo sobre como os conhecimentos científicos podem ser mobilizados no enfrentamento de problemas sobre eventos reais” (HEIDEMANN, ARAUJO e VEIT, 2016, p. 1504-14).

2.1.2 Brandão, Araujo e Veit (2011)

Nesta publicação do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, a proposta do trabalho está centrada na apresentação do uso da modelagem científica no Ensino de Ciências como ferramenta para aproximar alunos e professores em torno da reflexão sobre a natureza,

fazendo com que eles possam construir e validar modelos científicos, baseando-se, para tanto, na concepção de Mario Bunge sobre a modelagem científica. Nessa esteira, os autores apresentam estudos realizados acerca da concepção de professores e estudantes sobre modelos e modelagem científica. O resultado obtido aponta para a não utilização da modelagem científica, a qual é substituída, na maioria das vezes, pela passagem de conteúdo automática, sem discussões científicas sobre o tema.

De acordo com estes autores:

[...] este trabalho defende a tese de que o processo de modelagem científica pode ser visto como um campo conceitual subjacente ao domínio de campos conceituais específicos em Física, possuindo implicação didática para o Ensino de Física e para a pesquisa nessa área. (BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2011, p. 509)

Para que seja possível o desenvolvimento do processo de modelagem científica, Brandão (2011) sugere, como aspecto fundamental, o domínio de conceitos específicos, ou seja, que os alunos tenham um conhecimento preexistente para que possam realizar a modelagem. O ponto que definirá a complexidade da análise da situação do mundo real, o qual se refere ao princípio do modelo científico, será o objetivo a ser alcançado pelo sujeito que o realiza, podendo ser o professor ou o aluno: “No contexto educacional, tal ferramenta pode ser denominada de modelagem didático-científica” (ibid., p. 528).

A maioria dos alunos apresenta certo receio em relação a conteúdos da área das Ciências da Natureza, principalmente a Física. Isto ocorre porque eles acabam se deparando com conceitos extremamente formais e a manipulação de expressões matemáticas que fazem com que o ensino de Física e a realidade do aluno se distanciem, o que resulta em visões diferenciadas sobre suas vivências e a ciência que é estudada em sala de aula. Em vista disto, os autores buscam, por meio da modelagem científica, aliar o cotidiano do aluno aos construtos da Física, para que os alunos, ao se depararem com uma questão baseada em situações reais, sejam capazes de relacionar seus conhecimentos físicos para solucioná-la.

Por intermédio da modelagem científica, os alunos são desafiados a resolver problemas com base nos conceitos conhecidos e, assim, precisam desenvolver estratégias e raciocínio para o incremento do modelo científico capaz de se adequar à situação real enfrentada. É neste processo que os alunos demonstram maior dificuldade, uma vez que precisam realizar algo atípico em uma sala de aula. Para o autor:

[...] isso significa adotar uma postura epistemológica acerca do conhecimento produzido nessa disciplina, a fim de compreender as dificuldades encontradas pelos

estudantes e professores no processo de conceitualização do real nessa área do conhecimento. (ibid., p. 535)

2.1.3 Schwarz et al. (2009)

Na publicação do *Journal Of Research In Science Teaching*, os autores propõem a utilização do processo de modelagem científica na Educação Básica, entre estudantes de 10 e 12 anos, de forma acessível tanto para professores quanto para estudantes no desenvolvimento da aprendizagem. Além disso, eles também mencionam evidências de aprendizagem dos estudantes por meio de seus desenhos e suas falas, salientando, desta forma, a importância da inserção do pensamento científico.

O envolvimento dos estudantes no processo de modelagem científica faz com que eles possam refletir, construir e avaliar por si próprios o conhecimento científico, oportunizando-lhes uma nova visão de mundo, de maneira que possam perceber o quanto os tópicos estudados em sala de aula estão presentes e podem explicar o mundo em que vivem.

Ademais, os autores destacam também que tanto professores quanto o próprio currículo escolar precisam estar preparados para o desenvolvimento da modelagem científica. Entretanto, conforme observam Harrison e Treagust² (2000):

[...] professores possuem deficiência curricular para utilização da modelagem científica. Além disso, a utilização da modelagem científica nas salas de aula demanda muita dedicação do professor. Muitos professores possuem experiência limitada com a modelagem científica e pouco conhecimento das ideias dos alunos sobre prática. (HARRISON e TREAGUST, 2000 *apud* SCHWARZ et al, 2009, p. 633)

As atividades propostas pelos autores foram realizadas por duas turmas, equivalentes no Brasil ao 5º e 6º ano do Ensino Fundamental. Os alunos trabalharam com os mesmos tópicos para o desenvolvimento dos modelos. Como era esperado, os alunos mais adiantados apresentaram um grau de aprofundamento maior, por meio de desenhos mais detalhados e explicações por escrito. Como o trabalho foi realizado com crianças, foi proposto a elas que apresentassem suas ideias através de desenhos, a cada etapa do desenvolvimento do modelo científico. Nesse aspecto, os autores ressaltaram a evolução dos alunos de um desenho para o outro, como é possível verificar através de alguns exemplos disponibilizados no trabalho. Para

² Tradução nossa.

Schwarz et al. (2009, p. 634)³: “Engajar os estudantes na prática da modelagem permite que eles verifiquem seus modelos conceituais e possam utilizá-los na sua forma de pensar”.

Envolver estudantes desta faixa etária possibilita que eles tenham uma visão de ciência diferenciada, com mais possibilidades de aquisição de significados. Assim, eles tornam-se capazes de construir seus conhecimentos de forma crítica e ativa, ou seja, diferentemente do que acontece nas aulas tradicionais, as quais, muitas vezes, ocorrem de forma descontextualizada, e o estudante apenas aceita, sem questionar, o que o professor fala e está escrito no livro. Utilizando a modelagem científica, os autores ressaltam a importância de deixar claro para os estudantes o que eles estão fazendo, o motivo pelo qual estão desenvolvendo tal atividade, bem como discutir com eles o objetivo da modelagem científica e como esta metodologia é utilizada no meio científico. Desta forma, incentivar o aluno a refletir sobre os modelos, que são representações não literais de um fenômeno, baseados em evidências empíricas e argumentação teórica.

Assim, como guia para os estudantes, o professor deve deixar claro algumas etapas das tarefas para o desenvolvimento do modelo, dentre as quais, a construção de um modelo consistente com as teorias estudadas, capaz de ilustrar e explicar o fenômeno em questão; ser capaz de usar este modelo para ilustrar e explicar o fenômeno; comparar e avaliar a capacidade de precisão de diferentes modelos para ilustrar e explicar o fenômeno; e rever o modelo para fixar seus conhecimentos apreendidos (SCHWARZ et al., 2009, p. 635).

Como resultado, os autores apontam que os estudantes demonstraram, através de desenhos e pequenas interações discursivas, o entendimento e a capacidade de utilização de modelos como uma ferramenta para explorar um fenômeno natural. Por outro lado, esses alunos apresentaram algumas limitações relacionadas à sua capacidade de reflexão, as quais impossibilitaram o aprofundamento do fenômeno, estando associadas ao hábito de aceitar informações dos professores e de livros sem questionamento (ibid., p. 646).

Os artigos ora apresentados foram escolhidos pelo fato de evidenciarem a relevância da utilização da modelagem científica no Ensino de Ciências, demonstrando, assim, a implicação didática do desenvolvimento científico dos alunos, fazendo com que eles sejam capazes de estabelecer relações entre o seu conhecimento de mundo e seu saber conceitual científico. A presente proposta traz uma adaptação dos Episódios de Modelagem para o Ensino Médio. Esta metodologia evidencia a importância da participação do aluno na construção do seu conhecimento científico, por meio de sua autonomia no desenvolvimento

³ Tradução nossa.

de modelos científicos. Esse método possibilita uma nova visão do ensino das ciências, na qual os alunos não devem somente concordar com o professor, podendo, também, questionar e criar seu próprio modelo científico para validar teorias já existentes.

2.2 Coleta de dados a partir do Arduino

Para o desenvolvimento do estudo de artigos sobre o uso do Arduino, foi realizada uma pesquisa nos quatro periódicos nacionais citados na seção anterior. As palavras-chaves utilizadas durante a realização da pesquisa foram “Arduino” e “Coleta de dados”. Como resultado foram encontrados dezesseis trabalhos. Destes, quatro artigos (SANTOS, AMORIM e DEREZYNSKI, 2016; AMORIM, DIAS e SOARES, 2015; VILAR et al., 2015; e OLIVEIRA, ALVES e BARBOSA, 2016) tratam da utilização de sensores de temperatura para coleta de dados referente ao estudo da calorimetria, relacionando seus tópicos com situações cotidianas. Outros cinco artigos (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011; SOUZA, et al., 2011; ROCHA e GUADAGNINI, 2014; ROCHA, MARRANGHELLO e LUCCHESI, 2014; e DWORAKOWSKI et al., 2016) abordam as inúmeras possibilidades da utilização da plataforma Arduino para a obtenção de dados em tempo real, bem como a montagem dos aparatos experimentais com baixo custo. Quatro artigos (OLIVEIRA e GRALA, 2005; NOVICKI, LATOSINSKI e POGLIA, 2011; BALDO et al., 2016; SILVA et al., 2016) versam sobre a utilização de sensores de movimento para coleta e análise de dados. Por fim, três artigos (HAAG, VEIT e ARAUJO, 2005; VIEIRA e AGUIAR, 2016; CAVALCANTE, TEIXEIRA e BALATON, 2016) evidenciam o interesse e o engajamento dos alunos em participar de atividades que envolvem a utilização de ferramentas diferenciadas, por exemplo, a placa Arduino, de modo a despertar a curiosidade em relação aos processos necessários para a realização de uma experimentação. Este ponto parece ser comum a todos os trabalhos encontrados. Assim, mesmo não sendo o objetivo, todos os autores acabam manifestando o mesmo pensamento quanto à importância da utilização deste tipo de prática para que os alunos possam se envolver de forma ativa no seu processo de aprendizagem. Para que os alunos possam fazer relações com as experimentações realizadas e seus conhecimentos teóricos adquiridos em aula, bem como entender a relação entre teoria e prática, o que, muitas vezes, não ocorre em sala de aula.

A seguir, destacamos três artigos que tratam do uso da plataforma Arduino como ferramenta de coleta de dados no ensino de Física, estes artigos foram escolhidos por possuírem maior semelhança com a presente proposta.

2.2.1 Souza et al. (2011)

Esse trabalho propõe-se a discutir o uso da plataforma microcontrolada Arduino na realização de experimentos de Física, apresentando-a como uma ferramenta de baixo custo e com infinitas possibilidades de utilização.

Um dos grandes motivos pelos quais professores não propõem experimentos para suas turmas está relacionado ao alto valor de equipamentos e *kits* desenvolvidos por empresas especializadas. Sendo assim, este artigo tem como abordagem a utilização do Arduino, baseada em um “[...] micro controlador muito versátil que potencializa suas funções para além de uma simples interface passiva de aquisição de dados, podendo operar sozinha no controle de vários dispositivos e tendo assim aplicações em instrumentação embarcada e robótica” (SOUZA et al., 2011, p. 1702-1). Esta ferramenta traz inúmeras possibilidades de construção experimental, permitindo a sua utilização ao longo do ano e para todos os níveis de ensino.

A placa Arduino se conecta ao computador por meio de uma porta USB, e pode também ser alimentada por fontes externas, uma vez que disponibiliza saídas de tensão DC de 3.3 V, 5 V e 9 V. Pode, ainda, ser associada a vários tipos de sensores, como, por exemplo, sensores de temperatura, de pressão, de luminosidade, entre outros. Para o uso desta placa, é preciso utilizar uma linguagem de programação. O Arduino possui o tipo de código aberto (*open source*), o que permite o uso dessa ferramenta gratuitamente e com possibilidades de modificação por usuários de várias áreas. Como essa tem sido uma plataforma bastante utilizada, se encontra disponível na *web*, de forma gratuita, diversos códigos e documentos sobre a utilização e o funcionamento da mesma, permitindo, assim, que professores e alunos possam se aprofundar no tema e desenvolver projetos para diversificação de suas aulas.

Nesse sentido, os autores apresentam em seu trabalho dois exemplos de experimentação da Física básica. O primeiro deles trata de um oscilador amortecido, o qual teve seu aparato experimental montado utilizando uma régua plástica; um pequeno espelho; uma lanterna; um LDR (*Light Dependent Resistor*), que consiste em um resistor sensível à luz; e a placa Arduino. O espelho é iluminado pela lanterna e a luz refletida ilumina o LDR. Quando a régua é colocada para oscilar, a distância entre a fonte de luz e o LDR se altera,

ocasionando uma mudança na intensidade luminosa recebida pelo LDR, o que gera uma alteração na resistência e é esta mudança de resistência que é detectada pelas portas analógicas do Arduino e registrado pelo programa.

A segunda experimentação aborda a transferência de energia na forma de calor. Foram utilizadas duas superfícies, uma pintada de branco e a outra, de preto. Entre elas, foi colocada uma lâmpada e, no circuito do Arduino, foram usados dois resistores e dois termistores NTC (*Negative Temperature Coefficient*), utilizando-o como sensor de temperatura. A partir desta montagem, os autores mediram a queda de tensão de cada um dos termistores; assim, puderam analisar graficamente a função crescente da temperatura alcançada pelas superfícies. Com este trabalho, podem-se perceber as possibilidades de experimentação utilizando simples componentes associados à placa Arduino, bem como a montagem dos aparatos experimentais a partir de materiais de fácil acesso.

2.2.2 Rocha, Marranghello e Lucchese (2014)

O artigo tem por finalidade apresentar algumas opções de tecnologias atuais disponíveis para uso em laboratórios didáticos, com foco no desenvolvimento de atividades com coleta de dados. Para tanto, os autores apresentam uma visão geral desses instrumentos, focando em sensores como, por exemplo, o acelerômetro e a placa microcontrolada Arduino. Em seguida, eles mostram duas aplicações com o uso de ferramentas tecnológicas.

Inicialmente, é feita uma reflexão quanto ao desinteresse dos alunos durante as aulas. Nesse sentido, tanto a carência de recursos quanto a desatualização de currículos e materiais didáticos são apontados como possíveis causas. Os autores tratam, também, da importância de atividades experimentais para a aprendizagem em Ciências. Essas atividades não são tradicionalmente utilizadas, ou, quando utilizadas, adotam roteiros rígidos nos quais os alunos apenas seguem passos, sem discussões sobre as leis científicas envolvidas. A ausência deste tipo de atividade pode estar relacionada à falta de tempo ou de recursos para a sua realização. Ainda que sejam oferecidos às escolas equipamentos comerciais para o ensino de Física experimental, esses possuem valores elevados.

Como forma de suprir essa carência, os autores sugerem como alternativa o uso de módulos sensores que trazem inúmeras possibilidades de medidas de grandezas físicas. Esses módulos podem ser comandados por microcontroladores de baixo custo que podem enviar e receber comandos de um computador e executar diversas tarefas. A utilização destes

dispositivos conectados a um computador possibilita a realização de experimentos em tempo real, fornecendo dados sobre o movimento realizado. Os autores fazem referência à abordagem Física em Tempo Real – FTR (SOKOLOFF, 2007 *apud* ROCHA, MARRANGHELLO E LUCCHESI 2014), a qual busca facilitar o registro de dados ao estudante, bem como em relação ao processamento e à exibição, para que o aluno possa dispor de maior tempo de análise e de interpretação dos conceitos físicos envolvidos nas informações obtidas da experimentação.

Assim, pretende-se organizar novas formas de desenvolvimento de atividades experimentais que possibilitem a reflexão e o envolvimento ativo dos alunos durante a realização da atividade, para que eles se sintam motivados na construção de sua aprendizagem.

As aplicações apresentadas pelos autores mostram o uso de um sensor acelerômetro associado à placa Arduino. Esta associação possibilita o desenvolvimento de inúmeras práticas experimentais, fornecendo dados numéricos de grandezas físicas.

A primeira aplicação apresentada busca medir a aceleração de queda de um corpo e verificar se esse pode ser maior que a aceleração da gravidade (g), bem como observar o corpo durante e após a colisão ao final do percurso. Foi realizado o monitoramento da variação da aceleração do corpo em queda sujeito à viscosidade do ar, ao campo gravitacional terrestre e a força de um cabo elástico, simulando um salto de “Bungee Jump”.

A segunda aplicação traz o acelerômetro acoplado a uma haste rígida capaz de girar ao redor de um eixo de rotação. Deste modo, os autores puderam monitorar a variação da aceleração sofrida pelo acelerômetro quando a haste foi solta a partir do repouso e se deslocou em um ângulo de 90° .

Com estas discussões, os autores mostraram que é possível desenvolver atividades experimentais com coleta e análise de dados, utilizando materiais que possuem uma vasta gama de possibilidades, bem como incentivar os alunos a realizar práticas experimentais, de forma que possam ampliar seus conhecimentos sobre componentes eletrônicos, programação computacional e limites de validade experimental.

2.2.3 Haag, Araujo e Veit (2005)

Neste artigo, os autores propõem como objetivo o uso do computador como ferramenta didática para o laboratório de Física e discutem as possibilidades de sua utilização em aulas de Física.

Inicialmente, os autores destacam o uso de computadores nas escolas apenas como instrumento utilizado na construção de materiais e fonte de consulta. Em outras palavras, os estudantes acabam utilizando o computador apenas para verificar informações, não explorando, portanto, as demais possibilidades oferecidas por esta ferramenta. Isto se deve, em muitos casos, pelo próprio desconhecimento ou desinteresse do professor em explorar possibilidades que possam enriquecer suas aulas. A exemplo disto, é possível fazer uso do computador para coleta de dados experimentais, sem a necessidade de outros materiais para a experimentação, tendo como consequência a formação científica e tecnológica do estudante.

Os autores também apontam razões para que a aquisição de dados deva ser introduzida nas aulas de laboratório de Física. Como exemplo, eles mencionam o enriquecimento, que pode ser propiciado ao estudante na manipulação na coleta de dados, fazendo-os refletir sobre os resultados obtidos em comparação com a teoria estudada, além de demandar um menor tempo para a coleta de dados, assim como apresentar dados mais precisos. O desenvolvimento de experimentos em sala de aula possui uma importância significativa para a alfabetização científica dos estudantes, a fim de que eles possam ter uma visão de ciência diferente do habitual, a qual relaciona a Física, por exemplo, a números e fórmulas apenas.

O uso do computador permite ao estudante a manipulação de variáveis, podendo alterar sensores e a forma de realização do experimento, instigando-o a refletir sobre o fenômeno que está observando. Em razão disso, para que os estudantes se sintam incentivados, é “[...] imprescindível abandonar os roteiros de laboratório tradicionais, que em muito se assemelham a uma receita de bolo, e introduzir atividades abertas, potencialmente mais propícias para aprendizagem da física envolvida no experimento” (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005, p. 70).

Como comentado anteriormente, muitos professores se mostram receosos e intimidados pelo uso de ferramentas que não estão habituados, muitas vezes não sabendo como agir frente a novos desafios. Em seu artigo, os autores discorrem sobre sensores, seus tipos e utilizações; mostram ao professor as possibilidades de utilização em sala de aula; dão exemplos de coletas de dados e gráficos gerados a partir da entrada do microfone do próprio computador, sem a necessidade do uso de sensores externos.

No entanto, este tipo de atividade requer que os estudantes estejam dispostos a participar e colaborar com o professor, pois nem sempre o tempo economizado na coleta de dados ocorre, devido ao despreparo dos estudantes frente às novas atividades. A esse respeito, os autores comentam que a economia de tempo:

[...] não se mostrou verdadeiro em atividades em que a montagem experimental requeria um sistema de detecção ótico construído com componentes eletrônicos e a análise envolvia o uso do *Excel*. Os alunos despenderam um tempo considerável para começar a tomada de dados, pois não estavam familiarizados com os instrumentos. (HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005, p. 73)

Embora possa haver contratempos, pode-se perceber a importância da inserção deste tipo de atividade em sala de aula, de forma que os estudantes possam cada vez mais cedo se familiarizar com o fazer científico, bem como participar das aulas de forma mais ativa.

Estes três artigos foram escolhidos por enfatizar as múltiplas funções que a placa Arduino apresenta, bem como as possibilidades de seu uso por professores de todos os níveis de ensino, possuindo uma ampla gama de materiais disponíveis para sua utilização. Os variados sensores eletrônicos existentes permitem a realização de experimentação para inúmeros conceitos físicos em sala de aula. A presente proposta tem por objetivo envolver os alunos nos processos de experimentação, desde a montagem do aparato experimental até a coleta e análise de dados, buscando, assim, despertar o interesse do aluno.

A placa Arduino, associada ao uso do computador, permite a realização das etapas experimentais, quando os alunos recebem a placa já associada a um acelerômetro e a um módulo *Bluetooth*, e com a programação pronta. Isto porque o foco da proposta não está em apresentar aos alunos a linguagem de programação nem a montagem dos componentes, mas sim a utilização destes componentes como ferramenta para a coleta de dados. Com o sistema montado, é possível monitorar o movimento realizado pelo pêndulo de laboratório, por exemplo. Assim, os alunos devem demonstrar capacidade em coletar os dados obtidos a partir do acelerômetro. Esses dados estarão em uma planilha, a qual chega ao computador via *Bluetooth* para então gerar um gráfico, no qual é possível analisar as características do movimento, para fins de comparação dos dados experimentais e teóricos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentada uma descrição sucinta dos referenciais teóricos adotados para a elaboração deste trabalho, a saber: a aprendizagem significativa, de David Paul Ausubel, e a concepção epistemológica de Ciência, de Mario Bunge.

3.1 A aprendizagem significativa de David Ausubel

A teoria de Ausubel baseia-se na associação de novos conceitos a conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Segundo Moreira, “aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe” (MOREIRA, 2011, p. 13). Logo, a aprendizagem significativa é uma interação substantiva e não arbitrária entre subsunçores (conceitos preexistentes) e novos conhecimentos. Os subsunçores constituem a estrutura cognitiva do aluno; já os novos conhecimentos modificam esta estrutura. A estrutura cognitiva é caracterizada por dois principais processos. A diferenciação progressiva que produz novos significados a um determinado subsunçor, o qual, por sua vez, é utilizado para dar significado a novos conceitos. Este processo está relacionado com a forma subordinada de aprendizagem significativa, a qual parte de conceitos mais gerais da matéria de ensino para então serem progressivamente diferenciados em suas especificidades. Ou seja, ocorre quando um conceito adquire significado na ancoragem interativa com um conhecimento prévio relevante. Já a reconciliação integradora resolve inconsistências e integra significados. Este processo relaciona-se à forma superordenada da aprendizagem significativa, que parte de conceitos específicos, isto é, elementos existentes na estrutura cognitiva que reorganizam as novas informações e dão novos significados.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, há pelo menos duas condições: a predisposição para aprender por parte do aluno e a disponibilização de materiais potencialmente significativos por parte do professor. Este, por sua vez, precisa ser relacionável com a estrutura cognitiva do aluno e deve dar significado aos novos conhecimentos. Ambas as condições devem ser satisfeitas simultaneamente. O professor, por meio de diferentes estratégias, deve trazer novos significados ao aluno, de modo que ele possa perceber sua importância e buscar internalizá-los. Neste sentido, o papel do professor como mediador está diretamente ligado à predisposição do aluno em aprender, pois a maneira como

os conceitos são apresentados aos alunos deve levar em consideração o que fará sentido para eles, podendo, assim, haver construção de significados. Segundo Moreira:

O aluno, por sua vez, deve devolver ao professor os significados que está captando a respeito dos conhecimentos que estão sendo trazidos através dos materiais educativos do currículo. Este comportamento do aluno depende de sua predisposição, de sua intencionalidade, para aprender. Esta, por sua vez, depende de sua percepção da relevância dos novos conhecimentos, de dar sentido às tarefas de aprendizagem. (MOREIRA, 2011, p. 06)

A avaliação é outro conceito que merece ser destacado. A esse respeito, Moreira explica que “no cotidiano escolar, a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista, determinando largamente as práticas docentes” (MOREIRA, 2011, p. 51). Nesse sentido, é possível verificar que a forma de avaliação empregada corriqueiramente não afere a compreensão do aluno, uma vez que, mesmo que ele seja capaz de resolver um problema, não é possível afirmar que ele sabe o conceito envolvido se ele já tiver resolvido situações parecidas. Ao contrário disso, a proposta de avaliação de Ausubel, nas palavras de Moreira, baseia-se na ideia de que “a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido” (MOREIRA, 2011, p. 51).

Segundo Moreira:

[...] Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, de forma progressiva, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. (MOREIRA, 2011, p. 20).

Baseado neste referencial teórico, o presente projeto busca criar condições para a ocorrência da aprendizagem significativa por meio da utilização da metodologia didática proposta na Seção 4.2, a qual visa estabelecer relações entre os conceitos físicos estudados e as situações cotidianas do aluno. Desta forma, buscamos a ocorrência da diferenciação progressiva, de modo que os alunos possam dar novos significados a conceitos específicos a partir de conceitos gerais. Somado a isto, a realização da experimentação pode possibilitar a reconciliação integrativa, para que assim o aluno possa resolver incertezas adquiridas anteriormente. Para a avaliação desta proposta, buscaremos indícios de alcance das duas condições para a aprendizagem significativa e de evidências da ocorrência de interações não arbitrárias e substantivas durante a realização das atividades.

3.2 Concepção epistemológica de ciência de Mario Bunge

A epistemologia de Mario Bunge elucida que as teorias gerais não se pronunciam diretamente sobre a realidade. Trata-se de abstrações criadas a partir da intuição e da razão dos cientistas. Sabe-se, porém, que os alunos possuem dificuldades em realizar tais abstrações, de modo a assimilarem conceitos científicos estudados em sala de aula que não estão relacionados com sua realidade. Assim, para que os alunos possam explorar os fenômenos que ocorrem ao seu redor, Bunge – por ser considerado um epistemólogo realista crítico –, apresenta o “método científico” como um caminho promissor para investigações científicas. Segundo Heidemann: “[...] o ‘método científico’, como defendido por Bunge, se preocupa apenas com os problemas que as hipóteses e teorias esperam responder, assim como das verificações (falíveis e provisórias, por natureza) dessas hipóteses e teorias” (HEIDEMANN, 2015, p. 47).

A modelagem científica busca estabelecer um vínculo entre teoria e experimento. Para que o processo da modelagem científica ocorra, deve-se, inicialmente, definir uma questão a ser estudada acerca de um fenômeno. A partir disto, é preciso delinear um objeto modelo, o qual se refere a uma representação esquemática conceitual da realidade. Segundo Dorneles, Bunge:

[...] defende que a busca pela conquista conceitual da realidade deve começar por idealizações, para, então, adicionar elementos imaginários (ou hipotéticos) com intenção realista e assim constituir um objeto modelo/modelo conceitual, que inserido em uma teoria geral pode gerar um sistema hipotético-dedutivo particular (modelo teórico/teoria específica). (DORNELES, 2010, p. 91)

Em síntese, o objeto modelo é uma representação idealizada da situação real. Como exemplo disso, em uma situação idealizada, considera-se um fio como sendo inextensível; porém, sabe-se que na natureza todos os fios possuem elasticidade.

A determinação de um objeto modelo deve estar associada a uma teoria geral, pois esta não é capaz de descrever um evento particular. Devido às idealizações do objeto modelo, é necessário estabelecer um modelo teórico capaz de descrever as particularidades de sistemas físicos, baseados em uma teoria geral. De acordo com Heidemann: “Todo modelo teórico versa, em última análise, sobre objetos reais ou supostos como tais” (HEIDEMANN, 2015, p. 49). O mesmo objeto modelo pode ser utilizado para representar vários objetos concretos, os quais são chamados de referentes. A complexidade de tal modelo estará relacionada à quantidade de referentes que for capaz de abranger. Um objeto concreto pode ser representado

por mais de um objeto modelo, o que delimitará esta escolha é o foco da análise a ser realizada sobre o fenômeno escolhido.

O quadro 2 possui algumas representações feitas pela física, nas quais se pode perceber que, a partir de uma situação real, que será modelada, é possível obter mais de um modelo conceitual, baseado em uma mesma teoria geral, assim como mais de um modelo teórico, mostrando, portanto, que há várias possibilidades de análise em uma mesma situação real.

Quadro 2: Exemplos de situações modeladas em Física

Situação a ser modelada	Modelo conceitual	Teoria Geral	Modelo teórico
Escoamento da água no interior de uma tubulação	Fluido contínuo sem viscosidade	Mecânica dos Fluidos	Modelo de fluido ideal
	Fluido contínuo com viscosidade		Modelo de fluido viscoso
Certa quantidade de gás contida num recipiente fechado	Sistema de partículas termicamente isolado que não interagem entre si	Mecânica Estatística	Modelo de gás ideal clássico
		Mecânica Quântica	Modelo de gás ideal quântico
Comportamento da matéria em nível microscópico	Sistema planetário	Mecânica Clássica e Eletromagnetismo	Modelo atômico de Rutherford
Movimento dos planetas do sistema solar		Mecânica Clássica	Modelo gravitacional de Newton

Fonte: BRANDÃO, ARAUJO e VEIT, 2011, p. 514

Como é possível observar, mais de um modelo conceitual pode ser representado pelo mesmo modelo teórico, e ainda temos vários modelos teóricos possíveis para representar a realidade. Para Heidemann:

Os modelos teóricos, segundo Bunge, podem ou não englobar mecanismos que explicam as transições de estado dos fenômenos físicos. As denominadas teorias de caixa-preta são aquelas que não assumem mecanismos hipotéticos para descrever as mudanças temporais dos fenômenos físicos, ou seja, elas apenas fornecem o estado final de um sistema em função de suas condições iniciais. (HEIDEMANN, 2015, p. 50)

A teoria do tipo caixa preta representa variáveis externas, que se relacionam com propriedades observáveis do fenômeno, como a velocidade de um corpo em movimento. Em contraponto a esta teoria, temos a da caixa translúcida, que representa variáveis internas relacionadas com as propriedades intrínsecas do fenômeno, como a tensão elástica de um fio. Para Dorneles:

O propósito dos físicos teóricos pode influenciar na construção e funcionalidade de uma caixa (teoria), pelo menos em dois aspectos: i) se apenas as variáveis externas do tipo entrada-saída forem manipuladas a finalidade é a obtenção de teorias do tipo fenomenológicas (caixa-preta), em que se busca descrever o comportamento da caixa apenas pela observação e ii) se além da manipulação das variáveis externas se busca desenvolver um hipotético mecanismo interno descrito por meio das variáveis internas a finalidade é a obtenção de teorias representacionais (caixa translúcida), em que se busca uma descrição profunda dos processos internos por meio de variáveis indiretamente controladas. (DORNELES, 2010, p. 90)

Através da experimentação, que para Bunge é um pequeno conjunto de fatos observáveis de um universo de fatos reais, são obtidos resultados empíricos que devem ser contrastados com as hipóteses levantadas a partir do modelo teórico gerado. Com isso, é possível verificar o grau de precisão deste modelo teórico e, assim, analisar até que ponto o objeto modelo escolhido é capaz de representar o sistema físico como um todo.

De modo simplificado, podemos dizer que os episódios de modelagem (HEIDEMANN, 2015) seguem quatro etapas: inicialmente partimos de um problema, em seguida construímos o *objeto modelo*, que está relacionado a algo que representa uma situação real. Porém, este possui apenas traços-chaves para a investigação (no caso de um pêndulo simples, o atrito do ar, a massa e a elasticidade do fio são desprezados), tornando-se uma situação controlada capaz de propiciar a criação de um *modelo teórico*, que se baseia em uma *teoria geral* capaz de explicar esta situação idealizada através de conceitos específicos, os quais se vinculam com o pêndulo de laboratório (situação controlada). Na última etapa de *validação experimental*, devem ser realizadas comparações entre os dados obtidos e a teoria estudada. A partir destas relações, o aluno deverá ser capaz de reconhecer situações de sua vivência que possam estar relacionadas com o movimento do pêndulo de laboratório, como, por exemplo, o movimento de uma criança em um balanço. Ao utilizar a Modelagem Científica em sala de aula, objetiva-se diferenciar e vincular dados teóricos com dados experimentais, de modo a propiciar uma visão sobre o domínio de validade de modelos teóricos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho foi desenvolvido através de dois Episódios de Modelagem, os quais abordam os conteúdos de oscilações e geração de energia elétrica. Nesta seção apresentaremos os objetivos; o desenvolvimento dos Episódios; o local de aplicação da proposta; os recursos instrucionais utilizados e a metodologia de pesquisa utilizada.

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo geral

Desenvolver uma adaptação dos Episódios de Modelagem de Heidemann (2015) para introduzir a Modelagem Científica no Ensino Médio.

4.1.2 Objetivos específicos

- a. Identificar o conhecimento prévio do aluno acerca dos conceitos envolvidos no ensino de pêndulo (tais como: período, frequência, amplitude, posição, velocidade e aceleração angular) e no ensino de geração de energia elétrica (tais como: os tipos e princípios de funcionamento de usinas de geração de energia elétrica);
- b. Desenvolver um material experimental para que o aluno possa caracterizar movimentos periódicos e formas de geração de energia elétrica;
- c. Analisar de que forma estão presentes os movimentos periódicos e a geração de energia elétrica no cotidiano, dando assim, novos significados ao que o aluno já conhece (diferenciação progressiva);
- d. Criar situações de ensino/aprendizagem que ocasionem melhores condições para a aprendizagem significativa;
- e. Desenvolver o senso crítico do aluno a partir da Modelagem Científica, envolvendo-o na construção do seu conhecimento;
- f. Fazer uso das TIC (principalmente o Arduino) para potencializar o processo de modelagem científica durante os momentos de coleta, tabulação e análise de dados experimentais.

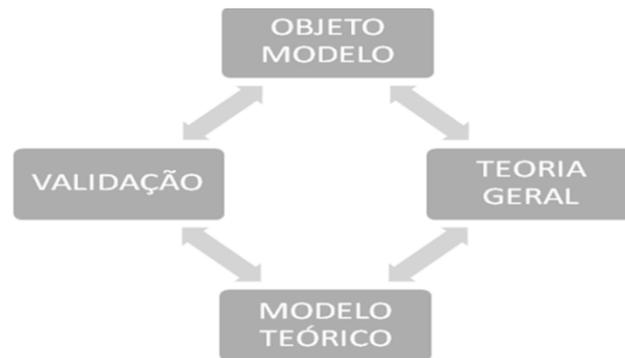
4.2 Episódios de Modelagem e seus objetivos de aprendizagem

As aulas de Física do Ensino Médio são, frequentemente, caracterizadas pela exposição dialogada dos conteúdos e por demonstrações matemáticas. Desta forma, os alunos apenas recebem informações, copiando do quadro e ouvindo o que o professor tem a dizer. Raras são as proposições de atividades diferenciadas e, quando ocorrem, são demonstrações experimentais as quais os alunos apenas observam o professor realizá-las. Atividades mais elaboradas, que demandam maior tempo de planejamento e execução, como a experimentação, raramente têm espaço em sala de aula. Por esse motivo, muitas vezes os alunos confundem demonstração experimental e experimentação, as quais se diferenciam pela participação do aluno desde a montagem até a coleta e análise de dados. A carência de atividades que exigem maior participação do aluno pode ser justificada pelo número de aulas semanais reduzidas no componente curricular de Física.

A presente proposta teve como estratégia de ensino a integração do aluno em sala de aula, de maneira que ele participe ativamente das atividades, para que os conteúdos façam sentido para ele, percebendo, assim, a sua importância e se dispondo a participar de forma crítica. Para isso, foram propostas duas atividades experimentais envolvendo os conteúdos de oscilações mecânicas e geração de energia elétrica. Estas atividades foram concebidas a partir das propostas de Heidemann (2015) e tiveram como foco a inserção da Modelagem Científica no Ensino Médio. As atividades foram divididas em dois Episódios de Modelagem, sendo um para cada conteúdo já citado, assim utilizamos treze horas-aula consecutivas para a implementação de cada episódio, totalizando 26 horas-aula. Devido ao fato de os alunos não estarem habituados à prática de atividades experimentais, buscamos orientá-los no desenvolvimento dos episódios. Assim, eles puderam tomar conhecimento sobre experimentação, bem como os princípios da Modelagem Científica. Nesse sentido, em seu artigo, Haag et al. (2005) observa a importância do aluno ter familiaridade com os materiais que irá manipular; podendo ainda ser complementado por Schwarz et al. (2009) que cita a importância do aluno saber o objetivo e o motivo pelo qual está desenvolvendo tal atividade.

Seguindo a proposta de Heidemann, Araujo e Veit (2016, p. 1504-3), os episódios de modelagem foram estruturados em três etapas principais: i) discussão inicial; ii) investigação; e iii) discussão final. Assim, buscando oportunizar aos alunos o contato com uma prática experimental que explora a validação de modelos teóricos, de acordo com os processos da Modelagem Científica apresentados na Figura 1.

Figura 1: Processos para o desenvolvimento da Modelagem Científica



Fonte: Autora

Tendo em vista que este tipo de atividade não é comum nas salas de aula do Ensino Básico, fizemos adaptações das atividades, para a realização dos processos com os alunos do Ensino Médio, de modo que os episódios apresentem relações com os conhecimentos prévios dos alunos e possuam uma estrutura lógica, para que assim se busque a construção de um material potencialmente significativo, na acepção de Ausubel (*apud* Moreira, 2006). Diante disso, buscamos estruturar cada etapa dos episódios de forma clara e sucinta, para que os procedimentos apresentados fizessem sentido aos alunos. Para isso, desenvolvemos questionários norteadores com o objetivo de incentivar os alunos a refletirem sobre o problema proposto, diferentemente do Ensino Superior em que os alunos devem buscar por si só meios de resolver os problemas propostos. A preparação das aulas também foi essencial para o desenvolvimento dos episódios. Utilizamos imagens para os alunos relacionarem os conceitos, para que estes fizessem sentido aos alunos, a linguagem com que os conceitos foram apresentados também foi levada em conta, sempre que possível o mesmo conceito era explicado mais de uma vez, de forma diferente e tentando uma linguagem mais acessível aos alunos. Buscamos também elementos para despertar o interesse dos alunos, como as ferramentas diferenciadas (placa microcontrolada Arduino, Vídeo Análise e *Clickers*, que serão descritas na seção 4.4). A organização das aulas com as atividades desenvolvidas, bem como seus objetivos de aprendizagem do Episódio de Modelagem I sobre pêndulos simples estão sistematizadas no Quadro 3.

Quadro 3: Cronograma das atividades realizadas no Episódio de Modelagem I

<i>Aulas</i>	<i>Cronograma das atividades</i>	<i>Atividades desenvolvidas</i>	<i>Objetivos de aprendizagem</i>
1 – 6	Discussão Inicial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação sobre modelagem científica e discussão conceitual sobre oscilações (Apêndice A); 2. Aplicação do questionário inicial I (Apêndice B); 3. Realização do experimento inicial (Apêndice C); 4. Discussão conceitual sobre pêndulo simples e análise gráfica (Apêndice D); 	<ol style="list-style-type: none"> I. Estabelecer procedimentos para medir experimentalmente o período de um pêndulo de laboratório; II. Identificar que resultados fornecidos pelo modelo teórico podem não convergir com resultados experimentais.
7 – 12	Investigação	<ol style="list-style-type: none"> 5. Proposição de estratégias de desenvolvimento experimental (Apêndice E); 6. Montagem de um aparato experimental (Apêndice F); 7. Coleta e análise de dados teóricos e experimentais (Apêndices G e H); 	<ol style="list-style-type: none"> III. Determinar o período de um pêndulo de laboratório a partir de um gráfico de posição <i>versus</i> tempo; IV. Encontrar o período de oscilação de um pêndulo de laboratório com a alteração dos seguintes parâmetros: comprimento do fio; massa do objeto oscilante e amplitude de oscilação.
13	Discussão Final	<ol style="list-style-type: none"> 8. Discussão em grupo sobre as conclusões das investigações realizadas. 	<ol style="list-style-type: none"> V. Realizar discussões sobre as convergências e divergências entre os resultados teóricos e experimentais.

Fonte: Autora

Para o desenvolvimento do Episódio de Modelagem II sobre geração de energia elétrica tivemos a contribuição do professor Luiz Antonio Dworakowski, que atua na rede pública estadual na cidade de Candiota e, também é funcionário da Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - Eletrobras (CGTEE). Assim foi possível realizar uma visita técnica na CGTEE com o acompanhamento de um profissional que possui experiência tanto no processo de funcionamento da usina quanto no ambiente real de sala de aula. O Episódio de Modelagem II foi organizado conforme o Quadro 4.

Quadro 4: Cronograma das atividades realizadas no Episódio de Modelagem II

<i>Aulas</i>	<i>Cronograma das atividades</i>	<i>Atividades desenvolvidas</i>	<i>Objetivos de aprendizagem</i>
1 – 3	Discussão Inicial	1. Aplicação do questionário inicial II (Apêndice I); 2. Introdução ao episódio de modelagem (Apêndice J); 3. Discussão conceitual sobre geração de energia elétrica (Apêndice K);	I. Identificar e diferenciar formas de geração de energia elétrica.
4 – 12	Investigação	4. Desenvolvimento experimental – ímãs, bobinas e galvanômetro (Apêndice L); 5. Demonstração de um gerador elétrico de laboratório (Apêndice M); 6. Visita Técnica à Usina termoeletrica;	II. Prever o comportamento da força eletromotriz a partir da interação entre ímãs e bobinas. III. Caracterizar o funcionamento de um gerador elétrico e identificar o comportamento da força eletromotriz de acordo com a alteração da velocidade de rotação do motor; do número de espiras em uma bobina e a distância entre ímãs e bobinas.
13	Discussão Final	7. Aplicação do questionário sobre a visita técnica (Apêndice N); 8. Discussão em grupo sobre as conclusões das investigações realizadas.	IV. Realizar discussões sobre as convergências e divergências entre o funcionamento de um gerador elétrico de laboratório e um gerador elétrico real.

Fonte: Autora

4.3 Local de Aplicação

Os Episódios de Modelagem propostos foram implementados em uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino localizada no centro da cidade de Bagé. A escola atende alunos dos níveis de ensino: Fundamental I; Fundamental II; Médio e Educação de Jovens e Adultos, totalizando 1234 alunos (Censo Escolar 2016) entre seus três turnos de funcionamento. A escola conta com uma biblioteca; um laboratório de informática e um laboratório de ciências que não costuma ser utilizado pelos professores, pois não possui uma estrutura adequada que comporte todos os alunos de uma turma de 30 alunos, por exemplo.

A escola nos recebeu de forma muito atenciosa se mostrando disponível para o desenvolvimento das propostas com seus alunos. A professora de Física nos cedeu suas aulas

da turma 131 para possibilitar a nossa aplicação. A turma em questão foi escolhida por indicação da professora regente, visto que os alunos costumam atingir notas superiores as demais turmas da escola. No entanto, fomos alertados que se tratava de uma turma bastante agitada. A turma era inicialmente composta por 30 alunos, porém ao longo do desenvolvimento dos dois episódios, este número foi reduzido para 27 alunos, sendo que um aluno mudou de cidade e os outros dois mudaram de escola. A idade dos alunos varia entre 16 e 18 anos.

4.4 Recursos Instrucionais

Nesta seção apresentaremos os recursos utilizados para a realização dos Episódios de Modelagem sobre oscilações e geração de energia elétrica.

4.4.1 Episódio de Modelagem I: Pêndulo simples

4.4.1.1 Plataforma microcontrolada Arduino e seus componentes

Buscando potencializar os processos da Modelagem Científica, utilizamos para o desenvolvimento do Episódio de Modelagem I, além de recursos tradicionais como cordão, chumbada e cronômetro, a plataforma microcontrolada Arduino como ferramenta para coleta de dados. Três grupos receberam um *kit* contendo um sistema que utiliza a plataforma microcontrolada Arduino, um sensor acelerômetro e um módulo *Bluetooth*, enquanto que outros três grupos receberam orientações para desenvolverem a técnica de vídeo análise (a ser descrita na próxima seção). Com o acelerômetro, os alunos obtiveram dados das componentes das acelerações nos eixos de referência x, y e z do acelerômetro. O *Bluetooth* foi utilizado para possibilitar a transmissão sem fio de dados. Com os dados coletados, torna-se possível construir, analisar e interpretar gráficos do movimento realizado, e assim obter quantidades como o período e a frequência de oscilação.

O Arduino é uma plataforma microcontrolada que possibilita o desenvolvimento de inúmeras tarefas, desde a realização de comandos simples, como piscar um LED, até tarefas mais complexas, como a automação de uma casa. Nesta proposta, utilizamos o Arduino como uma ferramenta programável de coleta de dados, como já mencionado anteriormente. O que define a função desta placa é a forma como ela é programada, sendo a sua linguagem de programação baseada nas linguagens C/C++. Além disso, sua utilização vem ganhando espaço no desenvolvimento de novas tecnologias/funcionalidades, já é possível encontrar vários códigos prontos na *Internet*, o que permite que qualquer pessoa interessada possa

utilizar o Arduino sem se preocupar em saber uma linguagem de programação. No presente trabalho, não nos deteremos em descrever as funcionalidades de cada componente da placa, como ligações e comandos. Porém, há um vasto material disponível na *Internet*⁴ que pode ser consultado.

A placa Arduino vem sendo amplamente difundida pelas suas possibilidades e pela relativa facilidade de utilização, bem como pelo seu baixo custo, se comparado com *kits* experimentais existentes no mercado (ROCHA, MARRANGHELLO e LUCCHESI, 2014). A placa arduino permite a possibilidade de realização de multitarefas, entre elas a automatização da coleta de dados em experimentos, melhorando a operacionalização e a precisão em relação à utilização de outras ferramentas, como por exemplo, o cronômetro. Além disso, a placa pode controlar diversos tipos de sensores, o que possibilita uma gama maior de dados a serem coletados de uma forma automatizada. A utilização da placa Arduino como ferramenta de coleta de dados possibilita ao aluno acompanhar os processos de uma análise experimental, desde a coleta dos dados durante o desenvolvimento do experimento, até o tratamento dos dados coletados através, por exemplo, de uma análise gráfica.

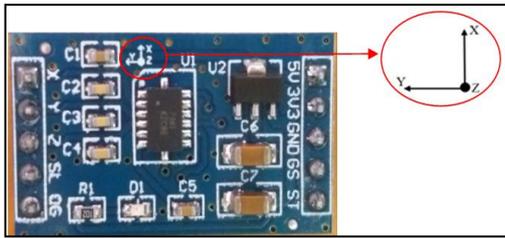
Neste trabalho, utilizamos dois dispositivos eletrônicos associados à placa Arduino, sendo o acelerômetro MMA7361⁵ (Figura 2a), responsável por fornecer um sinal de saída (uma diferença de potencial) que varia de acordo com a aceleração sofrida pela massa de prova (m_p), identificada esquematicamente na Figura 2b. Tal figura foi adaptada do *datasheet* do fabricante de modo a ficar ilustrada a presença de uma massa fixada entre duas molas, a qual tem sua posição alterada pela componente da força gravitacional na direção paralela às molas e/ou por forças de contato aplicadas diretamente no acelerômetro ou no aparato experimental em que se encontrará o acelerômetro. Assim, é possível obter a aceleração sofrida pela massa de prova, uma vez identificada sua posição. Como não é possível observar diretamente a posição da massa, o funcionamento do acelerômetro que utilizamos (MMA7361) é baseado na variação da capacitância que ocorre devido ao movimento de uma placa móvel (conectada rigidamente com a massa de prova) entre duas placas fixas de um capacitor equivalente (Figura 2b). Na verdade o capacitor equivalente pode ser visto como uma associação em série de dois capacitores que possuem capacitâncias variáveis devido ao movimento de uma placa móvel. A placa central (móvel) tem sua posição alterada em função da presença de uma aceleração. Assim, cada conjunto de três capacitores (cada um associado

⁴<https://www.arduino.cc/>

⁵ *Datasheet* disponível em: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MMA7361L.pdf>.

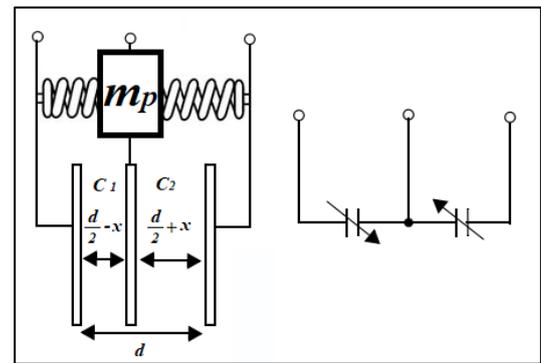
a um eixo do acelerômetro), gera uma variação de capacitância, que produz uma diferença de potencial (sinal de saída), a qual pode ser relacionada com a aceleração medida pelo acelerômetro, que pode estar fixado num objeto a ser estudado.

Figura 2a: Acelerômetro (MMA7361), no detalhe eixos de orientação



Fonte: Acervo da autora

Figura 2b: Representação esquemática de um acelerômetro



Fonte: Adaptação da autora (<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MMA7361L.pdf>)

O outro dispositivo eletrônico que utilizamos trata-se do módulo *Bluetooth* (Figura 3), que permite o transporte da informação, via radiação eletromagnética, entre a Placa Arduino e o computador sem fazer uso de cabos elétricos, os quais poderiam causar alguma restrição no movimento a ser estudado.

Figura 3: Módulo Bluetooth (HC-06)



Fonte: Acervo da autora

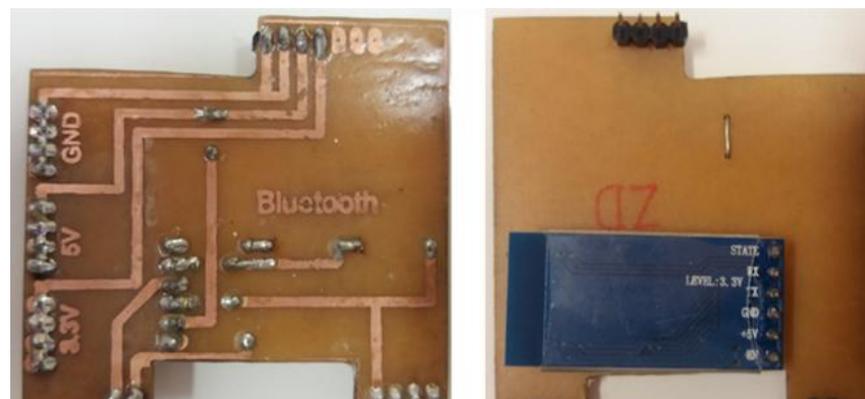
Para uma interpretação fidedigna dos dados medidos pelo acelerômetro, Vieira e Aguiar (2013) alertam que a aceleração medida pelo acelerômetro (a') é composta pela aceleração gravitacional (\vec{g}), com direção e sentido dados pela orientação do acelerômetro, e inercial ($\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$). Porém, se houver movimento de rotação e o sistema de referência estiver fixo no acelerômetro, constituindo-se em um referencial não inercial, a massa de prova também estará sujeita a uma força fictícia (força centrífuga). Nesse caso, é necessário levar em conta também a aceleração centrífuga.

Com o intuito de se obter diretamente o valor da aceleração inercial, Vieira e Aguiar

(2013) apontam a possibilidade de calibração do acelerômetro subtraindo da aceleração medida pelo acelerômetro o valor da aceleração da gravidade local. Porém, do ponto de vista analítico, isso só é possível em casos que não ocorrem rotações, pois ocorrendo rotações as acelerações medidas nos eixos do acelerômetro, devido à gravidade ou outras forças, não serão constantes e serão difíceis de serem obtidas. Como trabalhamos com pêndulos, nos quais ocorrem rotações devido à força gravitacional, realizamos a interpretação da aceleração medida levando em conta as acelerações gravitacional, inercial e centrífuga, pois levamos em conta que o acelerômetro encontra-se em num referencial não inercial.

O aparato experimental, incluindo *Bluetooth*, acelerômetro e Arduino, foi utilizado no processo de validação do modelo teórico de pêndulo simples. O uso do dispositivo *Bluetooth* tem como finalidade diminuir a quantidade de fios no circuito e evitar uma possível interferência nos resultados, por isso, foi montado em um circuito impresso⁶ como mostra a Figura 4. Portanto, o foco desta proposta é a coleta de dados usando a automação a partir do aparato experimental montado (Apêndice P). Para a implementação de tal proposta os alunos receberam a placa Arduino já programada (Apêndice Q). Como a automação deste aparato foi novidade para os alunos, elaboramos um passo a passo (Apêndice G) para a coleta de dados utilizando tal aparato. Neste material encontram-se as etapas que devem ser desenvolvidas desde o pareamento do *Bluetooth* com o computador, coleta de dados até a construção do gráfico.

Figura 3: Circuito impresso do sensor Bluetooth



Fonte: Acervo da autora

Para a realização da análise gráfica, uma aula foi dedicada a esta discussão, como descrito na seção 5.1.1.1.3. Apesar de o acelerômetro poder fornecer dados da aceleração em

⁶Circuito desenvolvido pelo técnico em assuntos educacionais Januário Dias, responsável pelo laboratório de Instrumentação para o Ensino de Física da Unipampa Campus Bagé.

três direções (Figura 2a), o aparato experimental montado possibilita a análise nas direções x e y do referencial do acelerômetro, a outra direção z apresenta aceleração muito pequena em relação às acelerações nas direções x e y e será desconsiderada daqui para frente (estamos tratando de um movimento bidimensional). Desta forma, em um primeiro momento, propomos aos alunos analisar somente a aceleração na direção x do acelerômetro (que coincide com a direção normal da trajetória do corpo suspenso). Assim, conforme a Figura 5, na direção normal da trajetória do movimento, o corpo suspenso fica exposto ao módulo da componente radial da aceleração da gravidade ($|\vec{g}_n| = g \cos(\theta)$) e à uma aceleração fictícia (devido a força centrífuga). Cabe lembrar que o acelerômetro está preso ao corpo acelerado (referencial não inercial) e, portanto, as placas móveis dos capacitores estão sujeitas a uma força fictícia que imprime uma aceleração centrífuga (\vec{a}'_c) que tem módulo igual ao da aceleração centrípeta ($|\vec{a}_c| = \frac{v(\theta)^2}{l}$), mas com sentido oposto (radialmente para fora). Sentido este que coincide com o sentido da componente radial da aceleração gravitacional. Dessa forma a aceleração medida pelo acelerômetro (a'_n) na direção radial tem sentido radialmente para fora e pode ser estimada pela soma dos módulos da aceleração centrífuga e da componente radial da aceleração gravitacional, podendo ser calculada via a expressão:

$$|\vec{a}'_n| = g \cos(\theta) + \frac{v(\theta)^2}{l}, \quad \text{Eq. 1}$$

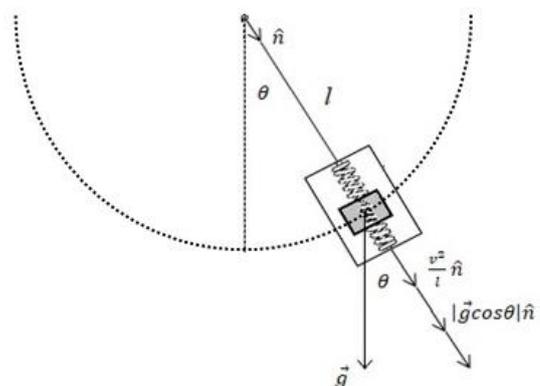
onde v é a velocidade tangencial do corpo suspenso, l é o comprimento do pêndulo e θ o ângulo entre a aceleração gravitacional e a direção normal (Figura 5).

Figura 5a: Aparato experimental estudado



Fonte: Acervo da autora

Figura 4b: Representação esquemática mostrando as acelerações sobre o pêndulo simples na direção normal atuando sobre o acelerômetro

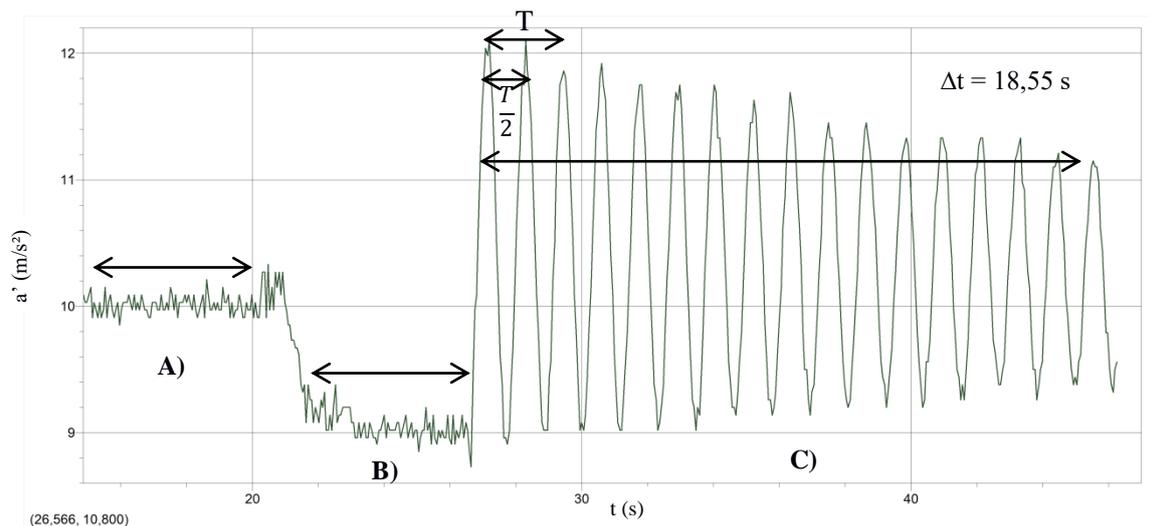


Fonte: Autora

A componente radial da aceleração medida para qualquer instante de tempo e posição tem módulo dado pela equação 1 e aponta na direção x do sistema de referência do acelerômetro, ou seja $+a'_n$. No entanto, se o aparato for rotacionado 180° entorno do eixo y a aceleração gravitacional medida/lida terá sinal negativo, isto é, $-a'$, ou seja, a aceleração lida no referencial do acelerômetro aponta na direção do eixo x , porém agora no sentido negativo do eixo x . Na Figura 5b, o acelerômetro é fixado no pêndulo de tal forma que o eixo x da orientação do acelerômetro é posicionado na direção radial (ao longo do fio) da trajetória do objeto oscilante e com o sentido positivo apontando radialmente para fora.

Na figura 6 mostramos a evolução temporal da aceleração radial medida pelo acelerômetro obtida a partir do aparato experimental mostrado na Figura 5a. Os dados do gráfico foram coletados usando $l = 1,25$ m, sendo l a distância entre o centro de massa da caixinha e o eixo de rotação. Destacamos que no aparato experimental usamos mais de um fio de comprimento l , para garantir a estabilidade no movimento, diminuindo a rotação do aparato.

Figura 6: Dados experimentais medidos pelo acelerômetro na direção radial. A) Pêndulo em repouso na posição angular de $\theta = 0$. B) Pêndulo em repouso na posição angular de $\theta = 25^\circ$. C) Pêndulo realizando movimento oscilatório

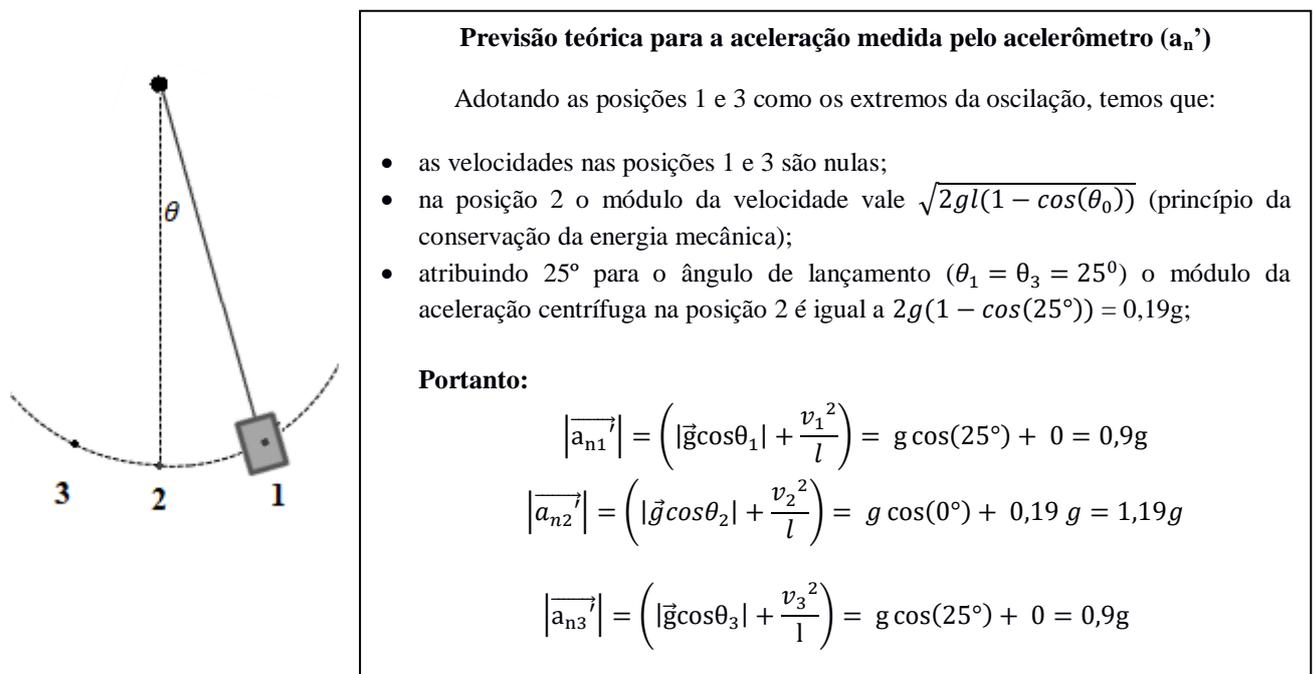


Fonte: Autora

Para dar uma interpretação ao gráfico acima, usamos como uma primeira aproximação o princípio particular de um ângulo inicial de 25° (ângulo que coincide com o ângulo utilizado experimentalmente para a coleta de dados do gráfico da Figura 6), em um modelo onde não existem forças não conservativas. Usando o princípio de conservação da energia mecânica. Aqui estamos considerando que a energia mecânica associada ao pêndulo é muito maior que a energia mecânica associada ao acelerômetro, e desconsideramos esta última.

Encontramos que a previsão teórica da aceleração medida na direção para as posições 1, 2 e 3 (Figura 7) deve ser: 0,9g, 1,19g e 0,9g, respectivamente. Esta previsão nos possibilita relacionar o período do pêndulo com o período da mola do acelerômetro. Observe que, enquanto o pêndulo realiza uma oscilação completa (sai da posição 1 e volta para a posição 1) num tempo, a mola do acelerômetro mede duas oscilações completas (uma de 1 até 3 e a outra de 3 até 1). Como o acelerômetro está fixado no pêndulo, podemos afirmar que se o período do pêndulo é T , então o período da mola do acelerômetro é $\frac{T}{2}$, o que explica a ocorrência de três pontos máximos ou mínimos consecutivos do gráfico apresentado na Figura 6.

Figura 7: Previsão teórica para a aceleração medida pelo acelerômetro



Fonte: Autora

No gráfico da Figura 6 podemos observar que após o pêndulo ser liberado para oscilar o valor máximo de aceleração medido é muito próximo de 12 m/s^2 , apresentando convergência com a previsão teórica de $1,9g$ ($11,67 \text{ m/s}^2$)⁷. No primeiro ponto mínimo encontramos o valor de $8,90 \text{ m/s}^2$ e a previsão teórica foi de $0,9g$ ($8,83 \text{ m/s}^2$). Em relação ao período de oscilação observa-se que na variação de tempo identificada como $\Delta t = 18,55 \text{ s}$

⁷ Cabe destacar que procuramos relacionar o sinal de tensão de saída do acelerômetro com o módulo da aceleração gravitacional, de modo que ao alinhar qualquer eixo do acelerômetro a direção vertical à leitura deveria ser $1g$, mas ao fixar o acelerômetro e o Arduino em uma caixa o alinhamento pode ficar um pouco desajustado e, assim o valor de saída para a posição angular nula pode variar em torno de $1g$. No caso do gráfico da Figura 6, encontramos um valor médio de $10,01 \text{ m/s}^2$, na região denominada como A. Portanto, uma diferença de $0,33 \text{ m/s}^2$ ($12 - 11,67$) é algo dentro do esperado.

ocorreram oito oscilações, o que corresponde a um período de 2,32 s (algo que se repete se cada oscilação for analisada individualmente), apresentando um desvio percentual de aproximadamente 6,4 % do período teórico de um pêndulo simples, obtido a partir de:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\frac{l}{g}\right)} = 2,18 \text{ s.}$$

Com a definição dos materiais para a montagem dos aparatos experimentais, realizamos testes de laboratório em condições controladas e obtivemos medidas estáveis, mas devido ao formato e dimensões do corpo encontramos uma diferença percentual, entre os valores experimentais e teóricos, para o período oscilação entre 6 e 7% aproximadamente (essa diferença também foi identificada utilizando o recurso de vídeo análise, descrito na próxima seção). Diante desse resultado, adotamos como aceitáveis divergências entre os dados experimentais e o modelo teórico de até 10% nos experimentos realizados pelos alunos. É importante ressaltar que por meio desta divergência pode surgir nos alunos a reflexão sobre os motivos pelo qual o período do pêndulo de laboratório é maior do que o período teórico de um pêndulo simples.

Para a etapa de montagem do código de programação, inicialmente alimentamos o acelerômetro com 5,0 V e medimos a diferença de potencial entre os pinos SINAL e GND do acelerômetro, com o auxílio de um voltímetro. Como a resposta da diferença de potencial de saída do acelerômetro tem um comportamento linear com a aceleração, procuramos medir a diferença de potencial no eixo x (eixo mais adequado para posicionar o acelerômetro dentro da caixa (Figura 5a) na direção radial) nas situações em que a aceleração em termos de g tenha o valor de zero e g. Encontramos os seguintes valores: 2,37 V (eixo x alinhado com o sentido e direção da aceleração gravitacional) e 1,59 V (eixo x perpendicular à direção vertical), respectivamente. No código (Apêndice Q) realizamos uma média de dez medidas, transformamos as medidas em diferença de potencial e subtraímos o valor de 1,59 V $[(mediasensorx*5/1023) - 1,59]$, para encontrar o que denominamos de *medsensorvolt0*. Assim, quando a aceleração for nula o valor de *medsensorvolt0* também será nulo e quando for g equivalerá ao valor de 0,78 V (2,37 V – 1,59 V). Finalmente, concluímos o código multiplicando *medsensorvolt0* por g e dividindo por 0,78 V, para o dado experimental de saída fornecer o módulo da aceleração no eixo x. Assim, conseguimos construir um código simples e que se torna possível à realização de calibração para cada acelerômetro.

Por fim, salientamos que no presente trabalho abordamos de forma superficial com os alunos o princípio de funcionamento do acelerômetro e demais componentes, mas

incentivamos a interação com o aparato para observarem os valores medidos de aceleração nas posições 1, 2 e 3 (Figura 7), de modo que os mesmos entendessem o comportamento do gráfico de aceleração por tempo para relacionarem com o período de oscilação do pêndulo.

Além dos pontos já destacados na utilização do Arduino, escolhemos esta ferramenta por nos possibilitar armazenar os dados registrados pelos grupos e assim termos dados para a realização da pesquisa em relação ao desenvolvimento dos alunos, ainda propiciando a eles o contato com tecnologias. Porém, o uso desta ferramenta interferiu na dimensão a ser utilizada para o corpo suspenso, tendo que ser uma caixa com dimensões de 0,10 m x 0,95 m (Figura 5a).

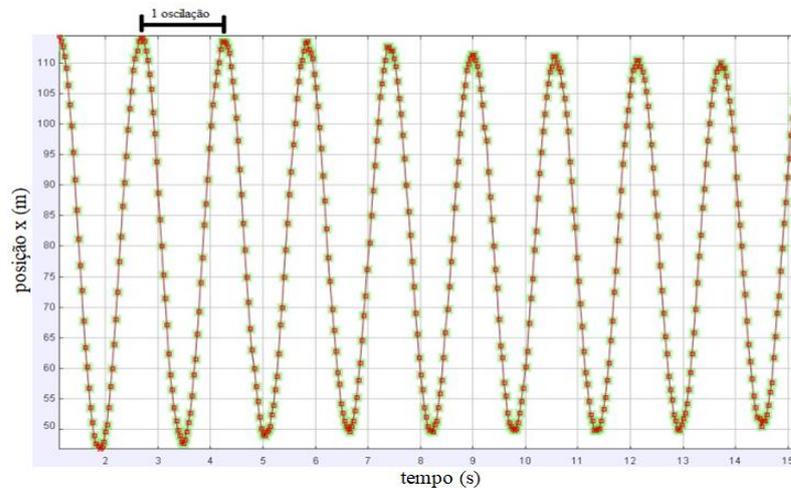
A utilização desta ferramenta em sala de aula tem por objetivo incentivar o envolvimento do aluno para a realização das atividades propostas, tornando-o mais ativo em sala de aula. Podendo ainda ser um instrumento encorajador para os professores desenvolverem atividades diferenciadas, tendo em vista ser uma ferramenta que traz uma grande quantidade de possibilidades a serem exploradas e um horizonte de novos conhecimentos a serem compartilhados.

4.4.1.2 *Software de vídeo análise Tracker*

Com o intuito de introduzir novas formas de realização de atividades em sala de aula, apresentamos aos alunos uma segunda ferramenta para coleta de dados, a vídeo análise utilizando o *software Tracker*. A partir de medidas de referência fornecidas, este *software* permite analisar movimentos quadro a quadro, disponibilizando medidas de posição; velocidade; aceleração; entre outras possibilidades. Estes dados são obtidos a partir da análise do movimento desejado, onde a marcação ponto a ponto da posição do corpo no espaço e no tempo gera uma série de dados que formam uma tabela. O gráfico de posição *versus* tempo se forma à medida que os pontos são marcados, havendo duas opções de marcação, manual e automática, sendo que para a utilização da marcação automática o vídeo deve ser gravado com o mínimo de interferências visuais para que o *software* não cometa erros de marcação. Para a utilização desta ferramenta os grupos receberam um guia (Apêndice H), mostrando desde dicas para gravar um bom vídeo, execução correta do programa, até a construção dos gráficos. Este é um *software* livre e de fácil utilização. Os alunos foram direcionados a analisar o gráfico de posição *versus* tempo (Figura 8) e assim como na análise do gráfico gerado pelo Arduino, este também foi discutido no terceiro encontro do Episódio de Modelagem I. Para analisar uma oscilação completa em relação à posição ocupada pelo corpo

suspensão, é necessário observar a posição de onde parte o corpo, sendo sua posição de máximo deslocamento angular (amplitude), que se refere aos picos do gráfico, passando pelo ponto mais baixo do sistema, indo até a amplitude negativa e voltando à amplitude positiva, este movimento do corpo pode ser observado na representação da Figura 5a.

Figura 8: Gráfico de posição *versus* tempo



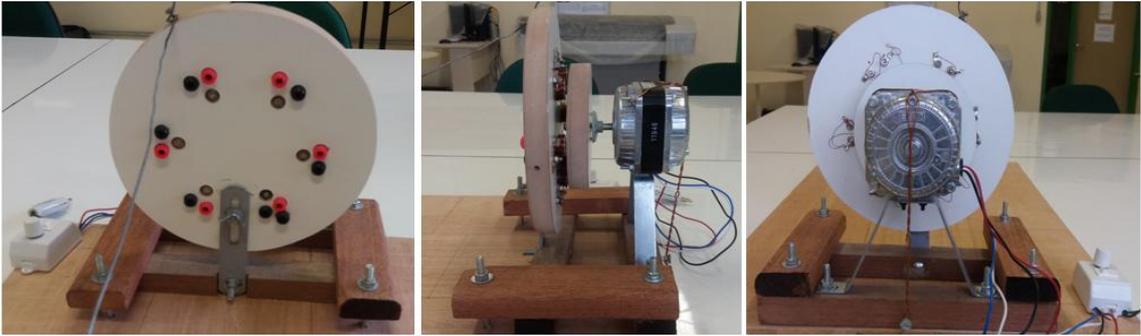
Fonte: Autora

4.4.2 Episódio de Modelagem II: Geração de energia elétrica

4.4.2.1 Gerador elétrico de laboratório

Com intuito de potencializar o desenvolvimento do segundo Episódio de Modelagem, construímos um gerador elétrico de laboratório (Figura 9), para que os alunos pudessem observar a estrutura interna de um gerador elétrico e melhor compreender o funcionamento do mesmo. Construímos nosso próprio gerador elétrico, pois não encontramos na literatura a descrição de um aparato experimental capaz de atender às nossas necessidades, isto é, algo que propiciasse a alteração de parâmetros como número de espiras, número de bobinas associadas em série e em paralelo, velocidade de rotação e distância entre os ímãs e as bobinas.

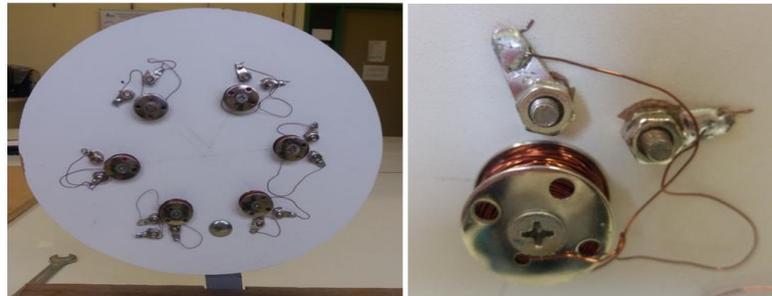
Figura 9: Gerador elétrico de laboratório



Fonte: Acervo da autora

Iniciamos a busca por bobinas de cobre esmaltado com um determinado número de espiras que fosse suficiente para nossos ímãs de 8 mm diâmetro por 1,5 mm de altura. Acabamos confeccionando seis bobinas e as dispusemos sobre um círculo de MDF (Medium Density Fiberboard - Fibra de Média Densidade), conforme a Figura 10. Um círculo semelhante foi utilizado para dispor os ímãs (Figura 11).

Figura 10: Disposição das bobinas do gerador elétrico de laboratório



Fonte: Acervo da autora

Figura 11: Disposição dos ímãs no gerador elétrico de laboratório



Fonte: Acervo da autora

Fizemos alguns testes iniciais utilizando um liquidificador como base giratória para os ímãs buscando obter um movimento uniforme e manter os ímãs próximos às bobinas, de

modo a gerar a variação do fluxo magnético e assim obter uma força eletromotriz induzida. Porém o movimento não era estável, havia muita trepidação e não conseguimos fixar as bobinas a uma distância adequada. Enfim, conseguimos um bom resultado usando um motor de ventilador de geladeira (Elgin – MM-20B). Montamos o gerador conforme mostrado na Figura 9. Com este aparato, que denominamos de “Gerador Elétrico de Laboratório”, os alunos puderam observar a transformação de energia mecânica, do movimento dos imãs em energia elétrica a partir de medidas elétricas com um multímetro e da iluminação de um LED (Light Emitting Diode - Diodo Emissor de Luz).

4.4.3 Finalização dos Episódios de Modelagem

4.4.3.1 Clickers

Para o encerramento das atividades desenvolvidas com a turma ao longo de 26 aulas, aplicamos um questionário (Apêndice O) sobre os Episódios de Modelagem. Para esta última atividade, optamos por levar este questionário em forma de *slides* e assim, todos os alunos responderam ao mesmo tempo. Para isso utilizamos *clickers*, que é uma ferramenta que permite a obtenção das respostas dos alunos em tempo real, possibilitando ainda a visualização de quantos alunos responderam cada uma das opções (ARAÚJO e MAZUR, 2013). Esta ferramenta é um controle que cada aluno recebe e seleciona a opção da resposta desejada. Estas respostas são registradas por um receptor que fica no computador e que permite o controle do número de respostas e gera um gráfico com as respostas ao final da votação. Para a utilização desta ferramenta é necessária a instalação de um programa que acompanha os *clickers* chamado *TurningPoint*⁸. Com isso podemos realizar discussões acerca das respostas dos alunos para cada questão, a descrição da discussão realizada sobre tais questões pode ser encontrada na seção 5.1.3.

4.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Como já mencionado anteriormente, o presente projeto tem como objetivo principal evidenciar a importância da inserção de atividades experimentais, de forma contextualizada

⁸ Disponível em: <https://www.turningtechnologies.com>

tanto com a teoria estudada como com a realidade na qual o aluno está inserido. Para que isso ocorra, buscamos indícios que evidenciem como a Modelagem Científica pode contribuir para a aprendizagem dos alunos. Em razão disso, os grupos de alunos foram instigados a construir e refletir sobre o processo de Modelagem Científica, por meio de etapas predeterminadas, as quais auxiliaram no desenvolvimento da busca pela validação experimental da teoria em questão. Como forma de avaliar o desenvolvimento dos alunos ao longo das atividades propostas levou-se em conta o desempenho dos grupos de trabalho na realização das etapas, bem como o envolvimento individual do aluno no seu grupo, de forma observacional e a partir de questionamentos. Em vista disto, a metodologia de pesquisa escolhida é embasada no estudo de caso de Robert Yin (2010), o qual “[...] permite que os investigadores retenham as características holísticas e significativas dos eventos da vida real – como [...] o comportamento dos pequenos grupos, [...] o desempenho escolar, [...]” (YIN, 2010, p. 24). Esta metodologia permite um reconhecimento do tipo de atividade diferenciada que é possível desenvolver com alunos do Ensino Médio.

Segundo Yin (2010), os estudos de caso podem ser descritivos, exploratórios ou explanatórios. A esse respeito, Dorneles afirma:

Um estudo descritivo tem o objetivo de descrever uma intervenção dentro do contexto em que ela ocorreu. O exploratório busca um levantamento de hipóteses ou proposições norteadoras para embasarem pesquisas futuras. [...] Já o explanatório tem o objetivo de explicar relações de causa e efeito a partir de proposições norteadoras. (DORNELES, 2010, p. 98)

De acordo com Yin (2010), existem cinco componentes importantes para o desenvolvimento de um projeto de estudo de caso, a saber: i) as questões do estudo; ii) as proposições (se houverem); iii) a(s) unidade(s) de análise; iv) a lógica que une os dados às proposições; e v) os critérios para interpretar as constatações. Para este autor, a proposição norteadora traz uma importante compreensão teórica, bem como direciona o pesquisador para sua busca de evidências relevantes.

O presente trabalho é caracterizado por envolver uma única unidade de análise, assim como uma única instituição, correspondendo à turma em que foram desenvolvidos os episódios de modelagem, por isso é definido como um estudo de caso holístico exploratório. Com o objetivo de levantar proposições norteadoras para propiciar futuras pesquisas, buscamos responder a seguinte questão de pesquisa: como a Modelagem Científica pode propiciar melhores condições para a ocorrência da aprendizagem significativa durante a realização de atividades experimentais na Educação Básica?

A busca por evidências sobre a questão de pesquisa ocorreu a partir da análise das respostas dos alunos em relação às questões presentes nos guias experimentais de cada etapa do processo dos Episódios de Modelagem. Também, realizamos análises e observações comportamentais dos alunos frente ao desenvolvimento de cada etapa, bem como a elaboração de um relato circunstanciado sobre cada grupo de alunos, buscando evidências sobre o alcance ou não dos objetivos de aprendizagem apresentados nos quadros 3 e 4, referentes aos episódios sobre pêndulo simples e geração de energia elétrica, respectivamente. Para realizar a avaliação dos objetivos, a partir do conceito de aprendizagem significativa, analisamos cada grupo atribuindo três escalas que definimos como:

- *Atingiu Completamente (AC)*: o grupo foi capaz de estabelecer relações substantivas e não arbitrárias durante a realização das atividades.
- *Atingiu Parcialmente (AP)*: o grupo demonstrou indícios de aprendizagem significativa, porém não foram predominantes.
- *Não Atingiu (AP)*: o grupo não foi capaz de estabelecer relações substantivas e não arbitrárias durante a realização das atividades ou não realizou as atividades referentes ao objetivo.

Por fim, foi aplicado um questionário sobre o desenvolvimento dos dois episódios, buscando informações sobre três categorias: atividades em geral; atividades experimentais e a relação entre teoria e experimento. A partir destas respostas buscamos complementar os indícios sobre a ocorrência de aprendizagem significativa.

5 RESULTADOS

5.1 Relatos das atividades

Seguindo a proposta de Heidemann, Araujo e Veit (2016, p. 1504-3), estruturamos a descrição dos Episódios de Modelagem I e II conforme três etapas principais: i) discussão inicial; ii) investigação; e iii) discussão final, buscando apontar evidências do cumprimento dos objetivos de aprendizagem propostos nos Quadros 3 e 4 para cada episódio desenvolvido. Com a realização da nossa pesquisa utilizando o Episódio de Modelagem como metodologia de aprendizagem, pode-se perceber a importância destas três etapas para o desenvolvimento de atividades experimentais no Ensino Médio. A etapa da discussão inicial é fundamental para a proposição dos experimentos, pois desta forma podemos preparar os alunos para o processo do desenvolvimento experimental a ser realizado na etapa da investigação, a qual se caracterizou por propiciar para a turma uma forma diferente de aprendizagem, pois os alunos precisavam se envolver em todas as aulas para o desenvolvimento da atividade experimental para então relacionar com as características teóricas que havíamos discutido. A etapa da discussão final possibilitou aos alunos exporem suas impressões sobre o que investigaram, constituindo-se em uma das etapas mais desafiadoras para os alunos do Ensino Médio.

Esta seção será dividida em duas seções terciárias, nas quais os encontros realizados nos Episódios de Modelagem sobre Pêndulos e sobre Geração de Energia Elétrica serão relatados.

5.1.1 Episódio de Modelagem I – Pêndulos

Nesta seção apresentaremos os relatos de cada um dos encontros realizados com a turma. Ao final de cada uma das etapas apresentamos a análise dos resultados de cada grupo referente ao objetivo de aprendizagem previsto no Quadro 3.

5.1.1.1 Etapa I - Discussão Inicial

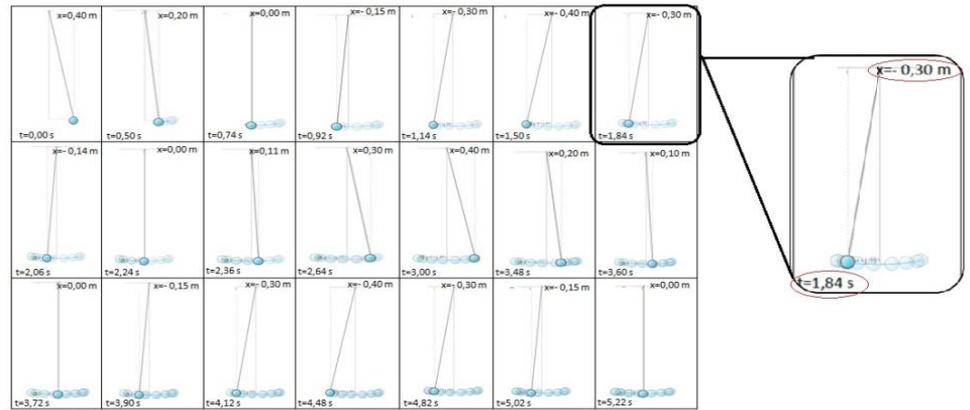
5.1.1.1.1 Encontro 1: Aulas 1 e 2 - Apresentação da Modelagem Científica e realização do questionário inicial

No dia 22 de maio de 2017, realizamos o primeiro encontro com a turma 131, neste dia apresentamos a proposta de atividades que seria desenvolvida, deixando claro o objetivo da nossa proposta, que de forma geral estava em inserir atividades experimentais nas aulas de

Física do Ensino Básico. Queríamos que os alunos entendessem a importância das suas participações ao longo do desenvolvimento das atividades. Para apresentar a metodologia utilizada, começamos mostrando, através de slides (Apêndice A), figuras de situações reais as quais possuem movimentos oscilatórios e a partir disto, inserimos o modelo de pêndulos simples. É importante destacar que, apesar de serem alunos do 3º ano do Ensino Médio, não haviam estudado este conteúdo em anos anteriores. Por este motivo, discutimos os conceitos de oscilação; período e frequência. Em busca de um melhor entendimento por parte dos alunos, apresentamos movimentos cotidianos que podem ser representados por esse modelo, como por exemplo, uma criança brincando em um balanço, e a partir destas relações introduzimos o princípio da Modelagem Científica destacando seus processos, já apresentados na seção 2.1.

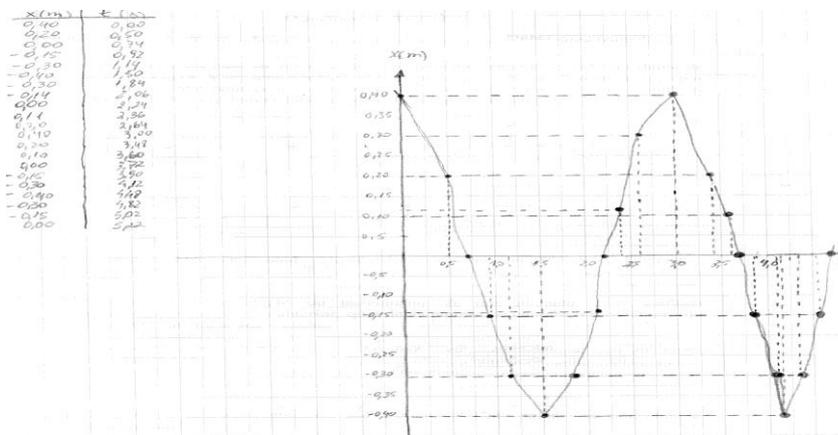
Após estas discussões, foi entregue aos alunos um questionário individual (Apêndice B), visto que esta etapa de discussão inicial se caracteriza como uma preparação para o desenvolvimento das etapas seguintes, porém identificamos que não seria possível utilizar uma tarefa de leitura com os alunos, pois os mesmos não possuem o costume de levar tarefas para serem realizadas fora da escola e, como esta metodologia foi aplicada por um curto período com a turma, optamos por realizar em sala de aula uma atividade com a qual pudéssemos identificar os conhecimentos dos alunos sobre interpretação, construção e análise gráfica, os quais são necessários para a etapa da investigação. Enquanto os alunos respondiam ao questionário, foi possível perceber que grande parte da turma possui dificuldades de responder questões dissertativas nas quais precisavam justificar suas escolhas. Isto mostra que estão habituados com respostas objetivas ou que envolvem cálculos, sem dar ênfase ao conceito envolvido. Outro ponto percebido, foi a dificuldade da turma em extrair os dados das figuras apresentadas na questão 4 do questionário inicial (Figura 12) e gerar uma tabela para então criar um gráfico representante do movimento (Figura 13).

Figura 12: Questão 4 do questionário inicial



Fonte: Autora

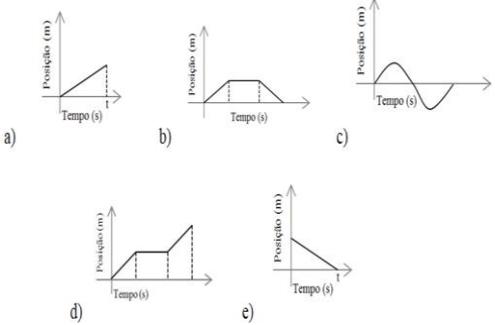
Figura 13: Gráfico elaborado pelo aluno 2

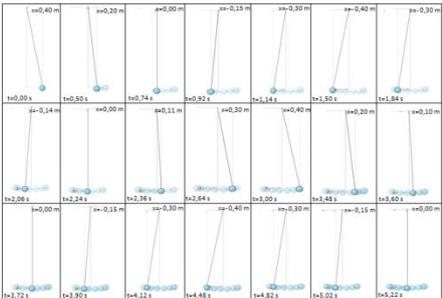
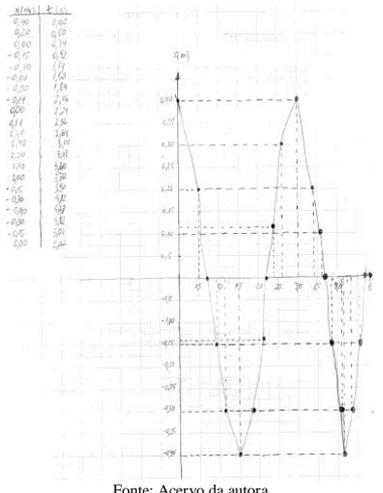
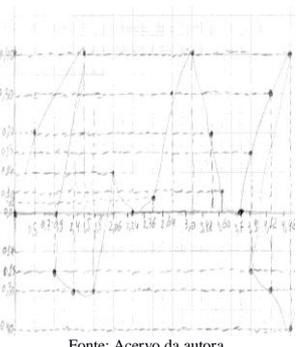


Fonte: Acervo da autora

Transcorrido algum tempo de realização do questionário, vários alunos demonstraram dúvidas em relação a esta questão, desta forma, foi necessário resolver no quadro como os pares ordenados se organizam e como se relacionam em um gráfico. Também foi preciso desenhar o plano cartesiano, bem como as escalas do gráfico, para que assim os alunos conseguissem desenvolver a questão 4. Isto evidencia uma dificuldade dos alunos para realização de coleta de dados, análise e construção gráfica. Com a discussão inicial foi possível identificar as necessidades da turma para então melhor adaptar os materiais das etapas seguintes de forma que os alunos, ao interagirem com o material proposto, tenham o entendimento sobre os procedimentos teóricos e experimentais contidos nos episódios. O Quadro 5 mostra uma análise do desempenho dos 30 alunos que participaram deste primeiro encontro.

Quadro 5: Análise das respostas do Questionário Inicial

Questão	Acertos	Erros	Sem resposta
<p>1 - Você vai da sua casa até a escola caminhando com uma velocidade constante de $v = 3,6 \text{ km/h}$. Você leva o tempo de 0,25 horas para chegar, fica no colégio por 4 horas e volta para casa caminhando por mais 0,25 horas. Qual dos gráficos abaixo melhor representa esta situação? Justifique sua escolha.</p> <p>Figura 14: Questão 1 do questionário inicial</p> 	<p>13</p> <p>Sendo que estes:</p> <p>- justificaram de forma correta, por exemplo: “A subida representa o tempo que eu levei para ir à escola, a linha reta é o tempo que ficamos na escola e a descida é o tempo de volta” (Aluno 21).</p>	<p>16</p> <p>Sendo que destes:</p> <p>- 2 não justificaram;</p> <p>- 10 justificaram de forma incorreta, por exemplo: “Porque a hora aumentou depois ficou instável e voltou pra hora anterior” (Aluno 30).</p> <p>- 1 marcou a opção c, mas não justificou;</p> <p>- 2 marcaram a opção c, sendo uma das justificativas: “Porque não é um tempo constante, ele oscila” (Aluno 6).</p> <p>- 1 marcou a opção d, mas sua resposta não está totalmente equivocada, sendo ela: “Porque ele se deslocou até o colégio com velocidade de 3,6 por 0,25 horas, que foi representada no começo do gráfico, se manteve no colégio, se “movimento” e depois fez a mesma coisa da ida, para a volta” (Aluno 9).</p> <p>Ele não foi capaz de identificar que no retorno da escola o módulo da posição não pode aumentar e sim diminuir.</p>	<p>1</p>
<p>2- Observe a demonstração do movimento de um pêndulo. Dos gráficos apresentados na questão anterior, qual deles melhor representa o movimento do pêndulo? Justifique sua escolha.</p>	<p>8</p> <p>Os alunos justificaram de forma semelhante, comentando principalmente sobre o movimento de oscilação, por exemplo: “Pois o pêndulo faz movimento de oscilação (vai e vem)” (Aluno 3)</p>	<p>20</p> <p>Os alunos confundiram o diagrama do pêndulo que foi mostrado com um gráfico, podemos perceber pelas seguintes respostas: “pois o desenho é idêntico do pêndulo” (Aluno 20) e “pois tem o fio e o pontilhado abaixo” (Aluno 29).</p> <p>Quatro alunos não justificaram suas escolhas.</p>	<p>2</p>
	<p>25</p>	<p>1</p>	<p>4</p>

<p>3- Os gráficos que você escolheu são diferentes? Caso sejam, no que eles se diferenciam?</p>	<p>Apesar de haver comparações erradas, como mostram as questões anteriores, grande parte dos alunos respondeu que os gráficos se diferenciam por representarem movimentos distintos e por apresentarem formatos diferentes.</p>	<p>O aluno 2 somente respondeu que “não”, sem justificar sua resposta.</p>	
<p>4- As figuras abaixo representam as posições instantâneas do movimento de um pêndulo. A partir dos dados fornecidos, monte uma tabela e em seguida esboce o gráfico que representa este movimento.</p> <p>Figura 15: Questão 4 do questionário inicial</p>  <p>Fonte: Autora</p>	<p style="text-align: center;">16</p> <p>Exemplo da organização da tabela e da construção do gráfico do aluno 2.</p> <p>Figura 16: Resposta correta do aluno 2</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>	<p style="text-align: center;">7</p> <p>Os alunos demonstraram dificuldades com a identificação dos pares ordenados e na escala do gráfico. Como mostra a figura 17.</p> <p>Figura 17: Resposta incorreta do aluno 18</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>	<p style="text-align: center;">7</p>
<p>5- Você conhece alguma função matemática capaz de representar a situação do movimento do pêndulo?</p>	<p style="text-align: center;">3</p> <p>Os alunos 4; 6 e 12 responderam: “função trigonométrica”, porém nenhum dos alunos definiu qual(is) função(ões).</p>	<p style="text-align: center;">15</p> <p>Destes, 4 alunos (16; 17; 22 e 24) responderam que a função era representada por vetores. Também foram considerados como erro os alunos que somente responderam: “não” ou “não me lembro”.</p>	<p style="text-align: center;">12</p>

Fonte: Dados da autora

Ainda como parte do desenvolvimento da etapa de discussão inicial, estava prevista a realização de uma prática para que os alunos calculassem o período de um pêndulo utilizando o cronômetro de seus celulares, para que assim pudessem perceber as possíveis dificuldades dos alunos no desenvolvimento experimental e então auxiliá-los. Porém, esta prática não pôde ser realizada no primeiro encontro, visto que foi necessário o uso de duas aulas para apresentar o Episódio de Modelagem e responder ao questionário inicial. Com o desenvolvimento deste primeiro encontro, pudemos perceber o rendimento dos alunos frente a atividades que demandavam suas participações, desta forma o número de aulas planejadas não

seria o suficiente para o desenvolvimento da proposta. Para que a atividade fosse realizada, muitas vezes foi necessário pedir para que respondessem ao questionário, pois dispersavam com muita facilidade. Percebemos também que muitos dos alunos que não responderam às questões não o fizeram por desinteresse em participar de atividades em aula.

5.1.1.1.2 Encontro 2: Aulas 3 e 4 – Desenvolvimento experimental inicial

No dia 23 de maio de 2017 foi realizada a atividade experimental inicial prevista para o encontro anterior. Esta atividade foi proposta levando em consideração que os alunos não possuíam conhecimento prévio sobre o desenvolvimento de etapas experimentais como: montagem, coleta, interpretação e análise experimental. Desta forma, foi possível acompanhá-los no desenvolvimento e auxiliá-los com suas dúvidas, como por exemplo, na realização de medidas de ângulo, ponto de referência para o lançamento do pêndulo e o uso do cronômetro. Para o desenvolvimento experimental, a turma se dividiu em seis grupos, a critério dos próprios alunos, por afinidades. A turma em questão possuía 33 alunos, e foram divididos em grupos compostos por seis ou sete integrantes, o que sempre é um desafio, pois nem todos do grupo se envolvem na atividade, mesmo assim não tivemos problemas relativos à indisciplina que interferissem no desenvolvimento da turma em geral. Fizemos um momento de explicação inicial revisando os principais conceitos discutidos na aula anterior (Apêndice A), e a partir disto cada grupo recebeu um guia experimental (Apêndice C) o qual traz uma tabela (Figura 18) para auxiliar os alunos na sua primeira coleta de dados, mostrando quais dados era necessário coletar.

Figura 18: Tabela para registro de dados

θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações	θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações
15°				35°			
		$t_{\text{médio}} =$				$t_{\text{médio}} =$	
25°				45°			
		$t_{\text{médio}} =$				$t_{\text{médio}} =$	
						$t_{\text{médio}} (s) =$	

Fonte: Autora

Para o desenvolvimento desta atividade, os grupos precisavam montar um pêndulo de laboratório (Figura 19) com os materiais disponíveis: base; corpos de massas diferentes e

cordão (Figura 20), escolhendo os comprimentos do fio e as massas do corpo, para então determinar o período de oscilação.

Figura 19: Pêndulo de laboratório



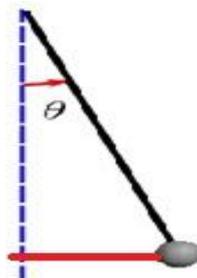
Figura 20: Materiais disponíveis para os grupos



Fonte: Acervo da autora

Os grupos deveriam determinar o período de oscilação para quatro amplitudes diferentes, e deveriam fazer três tomadas de tempo para cada situação para então depois fazer a média aritmética simples. Foi explicado para os alunos como eles deveriam proceder para determinar a posição inicial do pêndulo de acordo com cada amplitude, para isso foi lembrado aos alunos a definição do teorema de Pitágoras afim de que eles calculassem o cateto oposto ao ângulo (Figura 21) e assim liberassem o pêndulo de uma posição inicial em relação ao ponto de equilíbrio. Os alunos não demonstraram dúvidas sobre este conceito, porém para a execução dos cálculos tiveram dificuldades na utilização da calculadora, em vista de que normalmente não podem utilizá-la em sala de aula. Outra dificuldade percebida foi em relação ao conceito de arco tangente para o cálculo de ângulos, assim foi feita uma breve explicação para a turma no quadro branco.

Figura 21: Ângulo de lançamento do pêndulo



Fonte: Autora

Durante a realização da atividade (Figura 22), percebemos que os grupos 2; 3 e 6 demonstraram mais agilidade na execução dos experimentos, estando mais dispostos a participar, enquanto que os outros três demoraram mais para começar a montar, calcular o ângulo e coletar os dados. Foi necessário passar nos grupos para estimulá-los a iniciar as atividades. Ao final destas duas aulas, os grupos 1; 2; 3 e 6 coletaram todos os dados, mas não analisaram e os grupos 4 e 5 não tinham todos os dados. Um ponto importante a se destacar é que a segunda aula foi no último período da manhã, o que prejudica o desenvolvimento da aula, pois os alunos dispersam com muita facilidade.

Figura 22: Alunos realizando o experimento inicial



Fonte: Acervo da autora

5.1.1.1.3 Encontro 3: Aulas 5 e 6 – Finalização do experimento inicial.

No dia 25 de maio de 2017, os grupos receberam seus guias novamente para finalizarem suas atividades, apenas os grupos 4 e 5 precisaram montar seu aparato novamente para finalizar a coleta de dados. À medida que os grupos foram finalizando suas análises, passávamos para verificar os resultados e questioná-los sobre as relações percebidas entre os dados experimentais e teóricos, bem como as características que haviam alterado o período do pêndulo de laboratório. Todos os grupos realizaram as mesmas alterações de parâmetros, sendo que as amplitudes eram pré-definidas e o comprimento do fio escolhido pelos grupos. Os grupos 1, 3, 4 e 5 determinaram os períodos teóricos e experimentais de forma correta, sendo que os grupos 1; 4 e 5 encontraram diferenças percentuais entre os períodos teóricos e experimentais de até 10%, o grupo 3 encontrou diferenças percentuais de até 15%. Os grupos 2 e 6 demonstraram dificuldade nos cálculos dos períodos teóricos, estas incertezas podem estar relacionados com o uso inadequado da calculadora, visto que a escola não permite o uso da mesma. Para estes períodos calculados de forma adequada, utilizando os dados do grupo 2, encontramos diferenças percentuais de até 56%. Porém, analisando os dados registrados pelos

alunos na tabela (Figura 23), percebemos incoerências nos tempos coletados, por exemplo, para o comprimento de 0,31 m os alunos encontraram um período de 1,65 s enquanto que para um comprimento de 0,57 m o período encontrado foi de 1,56 s, divergindo do modelo teórico previsto. O grupo 6, apenas uma das medidas apresentou resultado incoerente, obtendo uma diferença percentual de 23%, os demais dados deste grupo estavam em torno de 10%.

Figura 23: Tabela de dados do grupo 2

θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações	θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações
15°	0,67	17,33	10	35°	0,47	17,30	10
		16,95				17,98	
		16,90				17,30	
	t _{médio} = 17,03	t _{médio} = 17,26					
	0,57	15,96	10		0,19	13,20	10
		15,36				12,98	
15,60		13,56					
t _{médio} = 15,64	t _{médio} = 13,56						
25°	0,31	16,99	10	45°	0,62	17,25	10
		16,79				17,03	
		16,70				17,46	
	t _{médio} = 16,56	t _{médio} = 17,24					
	0,23	14,92	10		0,92	13,93	10
		14,49				14,05	
15,00		14,33					
t _{médio} = 14,80	t _{médio} (S) = 14,44						

Fonte: Acervo da autora

Quando todos os grupos finalizaram suas tarefas, realizou-se uma discussão com o grande grupo, com perguntas do tipo:

- 1- “Quando vocês mudaram o comprimento do fio, o que aconteceu com o período do pêndulo?”
- 2- “Por que foi necessário fazer três coletas de dados para cada ângulo e cada comprimento do fio?”
- 3- “Houve diferenças entre o período teórico e o período que vocês determinaram experimentalmente? Por que estas diferenças ocorreram?”
- 4- “Ao aumentar a amplitude do movimento, houve mudança no período do pêndulo?”

Os alunos tiveram algumas dificuldades em responder tais questões, principalmente as questões 2 e 4, assim para uma melhor discussão, buscamos outros questionamentos ou dicas do que poderia ser respondido. Acreditamos que muitas das dificuldades no momento de discussão se deram pelo fato de que os alunos não possuem o hábito de pensar em influências externas ao aparato experimental, e de não conseguir relacionar a teoria estudada com o experimento executado. Os alunos não conseguem analisar a equação teórica que descreve o movimento e perceber as relações ali presentes. Esta característica pode estar relacionada com o fato de não saberem a origem da equação, demonstrando dificuldade em justificar suas respostas, como se pode perceber no Quadro 5. Ainda há o fato de ser o primeiro contato

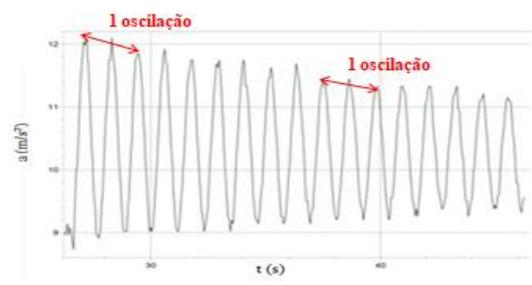
destes alunos com o desenvolvimento experimental, e de participarem da aula com proposta didática diferenciada que exige pró-atividade, ele não precisavam copiar matéria do quadro e a disposição das classes não foi a costumeira. Essa mudança no comportamento da sala de aula refletiu-se no comportamento dos alunos, pois tudo era novidade para eles.

Na aula seguinte, houve uma discussão conceitual (Apêndice D) sobre análise gráfica. A função trigonométrica que representa o Movimento Harmônico Simples (MHS) foi apresentada e então uma breve revisão sobre as funções seno e cosseno foi realizada, destacando para os alunos que estas funções possuem um valor máximo e um mínimo entre os quais ela varia. O ciclo trigonométrico foi desenhado no quadro para que os alunos pudessem lembrar as relações trigonométricas. Foi mostrada uma imagem representativa de um pêndulo simples (Figura 5), para que os alunos pudessem perceber as posições do pêndulo durante seu movimento, assim como as acelerações relacionadas a cada posição. Um gráfico de posição *versus* tempo foi apresentado aos alunos, e foram discutidas características de uma oscilação como picos e vales (Figura 24). Após, um gráfico de aceleração *versus* tempo também foi apresentado, buscando evidenciar os pontos onde se completava uma oscilação (Figura 25), como já discutido na seção 4.4.1.1.

Figura 24: Análise gráfica - posição *versus* tempo



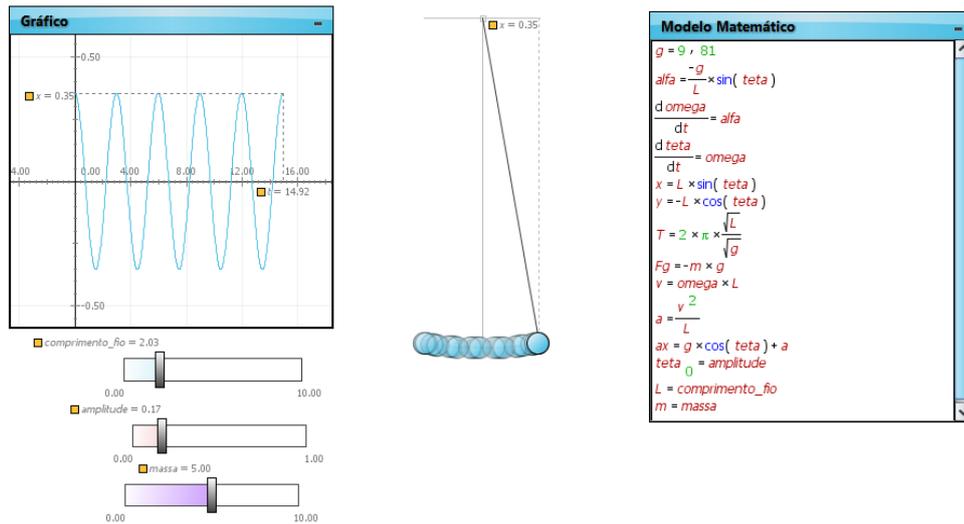
Figura 25: Análise gráfica - aceleração *versus* tempo



Fonte: Autora

Para finalizar esta discussão sobre análise gráfica, utilizamos o *software* Modellus (Figura 26) para mostrar uma representação do movimento de um pêndulo simples, no qual foi possível alterar parâmetros do tipo, comprimento do fio, amplitude inicial e massa do corpo suspenso.

Figura 26: Simulação de um pêndulo simples utilizando o software Modellus



Fonte: Autora

Alguns alunos demonstraram admiração quando a simulação foi iniciada e o gráfico foi construído de acordo com o movimento, desta forma puderam observar o gráfico que já havíamos discutido, relacionando-o com o movimento do corpo. Então, foi possível relacionar as posições atingidas pelo pêndulo referente aos pontos no gráfico. Essa discussão em relação à identificação gráfica de uma oscilação completa foi realizada para que os alunos pudessem analisar de forma satisfatória os gráficos que seriam construídos pelos seus grupos a partir da atividade experimental da etapa de investigação. Levando em consideração as lacunas apresentadas pelos alunos em relação à realização de atividades experimentais e a falta de hábito em discutir em sala de aula, podemos considerar que o desenvolvimento desta etapa de atividades, de forma geral, foi satisfatório em relação à prática. A seguir, apresentaremos nos quadros 6 e 7 uma análise dos seis grupos em relação aos objetivos I e II previstos no quadro 3.

Quadro 6: Objetivo de Aprendizagem I

Objetivo de aprendizagem I				
<i>Estabelecer procedimentos para medir experimentalmente o período de um pêndulo de laboratório.</i>				
Grupos	AC ⁹	AP ¹⁰	NA ¹¹	Comentários gerais

9 Atingiu Completamente
 10 Atingiu Parcialmente
 11 Não Atingiu

1	X			Os grupos 1 e 5 conseguiram desenvolver a atividade de forma a calcular os períodos experimentais dos pêndulos de laboratório, porém eram muito dependentes e solicitavam ajuda o tempo todo, questionando por exemplo: “qual comprimento do fio devemos colocar?”, “quantas oscilações?”, “não estamos conseguindo medir a amplitude, como faz?”. Os grupos 2, 3 e 6 demonstraram maior autonomia para desenvolver a atividade. Sendo que os grupos 2 e 6 tiveram uma dificuldade inicial para determinar a amplitude de lançamento, porém quando foi explicado de forma individual para o grupo eles conseguiram desenvolver toda a atividade. O grupo 3 não demonstrou dificuldades quanto à coleta e análise dos dados, somente solicitaram que verificássemos se estavam desenvolvendo de forma correta tal atividade. O grupo 4 desenvolveu a atividade com dificuldades, foi necessário questioná-los a todo o momento se estavam conseguindo realizar o experimento e para que terminassem a coleta de dados foi preciso estar junto ao grupo para auxiliá-los na determinação da amplitude. Neste grupo apenas dois integrantes estavam interessados em realizar a atividade, os demais não demonstraram interesse, somente quando questionados eles diziam que estavam ajudando. O grupo não finalizou a análise dos dados.
2	X			
3	X			
4		X		
5	X			
6	X			

Fonte: Dados da autora

Como podemos perceber, os grupos foram capazes de desenvolver uma atividade experimental interagindo com o material disponibilizado para esta prática, porém, como era esperado, em alguns momentos precisaram de auxílio para alguns procedimentos, destacamos ainda a autonomia dos grupos 2, 3 e 6. Foram necessárias quatro aulas para o desenvolvimento de um simples experimento, porém é importante lembrar que esta foi a primeira atividade experimental em que estes alunos se envolveram de forma a realizar todos os processos necessários, desde a montagem do aparato até a análise experimental.

Quadro 7: Objetivo de Aprendizagem II

Objetivo de aprendizagem II				
<i>Identificar que resultados fornecidos pelo modelo teórico podem não convergir com resultados experimentais.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais
1		X		Os grupos 1 e 3 demonstraram entendimento em relação ao período teórico, por exemplo, o grupo 1 respondeu que a diferença entre os resultados se dá “porque nem sempre o comprimento era igual a distância que ele era levantado.”, enquanto que o grupo 3 respondeu que “conforme diminuimos o cordão, os valores se alteram, concluímos que, quanto menor a distância, menor é o tempo.”. Estas respostas nos mostram que a característica principal percebida pelos grupos na alteração do período foi o comprimento do fio, eles não discutiram a relação dos períodos teórico e experimental, apesar de terem realizado os cálculos corretos na tabela com a análise dos períodos.
2			X	
3		X		Os grupos 2 e 5 se mostraram confusos ao relacionar os períodos teórico e experimental. Ao responderem a questão sobre o motivo de tal diferença, o

4			X	grupo 2 respondeu “porque a gravidade e as fórmulas são diferentes.”, e não realizaram todos os cálculos do período teórico de forma correta. Através desta resposta, podemos perceber que o grupo não conseguiu identificar a relação entre os períodos. O grupo 5 respondeu que a diferença ocorre “porque o experimental é a prática manual e o teórico é feito com fórmulas podendo utilizar calculadora.”, não discutindo a relação em termos de valores encontrados para os períodos, porém realizaram os cálculos de forma correta.
5		X		
6		X	Os grupos 4 e 6 realizaram os cálculos, sendo que o grupo 6 calculou de forma incorreta os períodos teóricos, encontrando valores próximos. Porém deixaram esta questão em branco. É importante lembrar que todos os grupos tiveram o mesmo tempo para a realização da atividade.	

Fonte: Dados da autora

Os grupos demonstraram maior dificuldade para o cumprimento deste objetivo, pois não estão habituados a fazer comparações e a pensar sobre o que se está estudando em sala de aula. Podemos perceber que houve confusões em relação aos cálculos realizados e, principalmente, em termos das discussões sobre seus resultados. Os alunos possuem muita dificuldade em justificar o que estão realizando, normalmente fazem seus cálculos de forma mecanizada sem pensar no sentido em termos teóricos. Com esta análise percebemos que os alunos não conseguem relacionar a teoria com a prática, apesar de calcularem os erros percentuais eles não foram capazes de dar significado a estas incertezas. Um indício de que eles não conseguiram perceber estas relações é evidenciado nos dados apresentados pelos grupos 2 e 6, os quais possuíam tempos cronometrados de forma inadequada, pois não perceberam que se diminuíssem o comprimento do fio, o tempo encontrado deveria ser menor do que para um comprimento de fio maior. Neste primeiro experimento os alunos demonstraram que ainda não haviam entendido completamente o conceito de período de oscilação.

5.1.1.2 Etapa II – Investigação

5.1.1.2.1 Encontro 4: Aulas 7 a 9 – Desenvolvimento experimental

No dia 26 de maio de 2017 realizamos três aulas em sequência. Neste encontro foi realizada a atividade experimental proposta para a investigação do episódio. Para a realização desta atividade, os grupos receberam um guia denominado “Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos” (Apêndice E) contendo 14 questões divididas em seis categorias, sendo elas: objetivo da investigação; modelagem do evento investigado; planejamento do experimento; execução do experimento; análise dos dados coletados e

conclusões. Este guia tem como objetivo auxiliar os alunos no processo de desenvolvimento experimental, assim os grupos precisavam responder estas questões para iniciar a execução do experimento. Para esta etapa, os grupos receberam um guia experimental (Apêndice F) no qual consta um texto inicial sobre pêndulos que busca despertar o interesse dos alunos para o desenvolvimento da atividade, de forma a deixar claro os objetivos da realização desta etapa. Em seguida o guia apresenta três possibilidades de desenvolvimento experimental alterando os parâmetros: comprimento do fio, massa do corpo suspenso e amplitude de oscilação. Como a turma foi dividida em seis grupos, cada dois grupos realizou o mesmo experimento, porém utilizando ferramentas de coleta de dados distintas, sendo elas: placa Arduino (já especificada na seção 4.4.1.1) e a vídeo análise através do software Tracker (discutida na seção 4.4.1.2). Escolhemos os grupos que utilizariam cada forma de coleta de dados baseados no desenvolvimento da atividade experimental inicial, assim os grupos receberam guias de passo a passo sobre a utilização da sua ferramenta (Apêndices G e H), considerando que os alunos não possuíam conhecimentos prévios sobre a utilização de tais ferramentas. Quando os grupos já estavam com seus materiais necessários para o desenvolvimento experimental, passamos em cada grupo a fim de esclarecer possíveis dúvidas sobre a utilização das ferramentas. Os grupos que haviam demonstrado maior autonomia na etapa anterior já haviam iniciado a atividade sem precisar de ajuda inicial. O grupo 1 apresentou dificuldades no enquadramento do vídeo para a realização da vídeo análise, após ter sido resolvido o problema coletaram os dados de forma satisfatória. Os grupos 2, 4 e 6, que utilizaram a placa Arduino precisaram de maior assistência para a coleta de dados a partir do *Bluetooth*, pois esta forma de coleta demandava mais processos e era preciso tomar mais cuidado na realização do movimento devido ao uso de sensores. É importante destacar que o grupo 4 era composto por alunos que não tinham demonstrado interesse até esta aula e na atividade anterior apenas dois integrantes se envolveram, neste encontro um destes alunos não estava presente, porém com a utilização da placa Arduino o grupo se mostrou mais interessado se envolvendo na atividade, o que evidencia a importância da utilização de estratégias diferenciadas para despertar o interesse dos alunos. Durante este encontro, o grupo 6 conseguiu finalizar a coleta e análise dos dados (utilizando o Arduino), os grupos 1, 3, 4 e 5 finalizaram a coleta de dados, sendo que o grupo 4 não conseguiu analisar seus dados por problemas técnicos com o computador e o grupo 2 não conseguiu finalizar a atividade, pois, para cada coleta utilizando o Arduino, eles geravam o gráfico do movimento e perceberam que a curva não estava se formando como a esperada, que havia sido discutido na aula seis, e então, juntos, percebemos que o problema estava na forma como os alunos estavam liberando o corpo suspenso, havendo muita trepidação e

rotação do corpo. Esta percepção dos alunos em relação ao gráfico construído nos dá indícios de uma aprendizagem por parte deste grupo, já que eles foram capazes de perceber que o gráfico gerado não estava de acordo com o comportamento esperado, ou seja, formando oscilações, pois haviam muitos ruídos captados pelo sensor e então solicitaram ajuda para resolver este problema. Apesar de terem sido três aulas em sequência, os alunos não dispersaram em nenhum momento, todos os grupos demonstraram envolvimento com suas atividades, demonstrando disposição para aprender e assim tendo melhores condições de aprendizagem.

5.1.1.2.2 Encontro 5: Aulas 10 a 12 – Finalização do desenvolvimento experimental

No dia 29 de maio de 2017, tivemos duas aulas seguidas e uma no último período da manhã. Nos primeiros horários os grupos 1, 3, 4 e 5 realizaram as análises dos resultados e o grupo 2 finalizou a coleta e análise de dados. À medida que os grupos foram gerando seus gráficos utilizando os *softwares Tracker e SciDavis*, conversamos com cada grupo para relembrar a forma de análise gráfica, na qual era importante analisar o número de oscilações e o tempo necessário para realizá-las. Os grupos preencheram uma tabela presente no guia (Apêndice F) para que pudessem comparar os períodos experimentais e teóricos. O grupo 3, que realizou a coleta de dados a partir da vídeo análise, percebeu que havia um problema nos dados experimentais quando comparados com os dados teóricos, neste grupo era necessária alteração do comprimento do fio e os mesmos perceberam que os períodos experimentais estavam diminuindo com o aumento do comprimento, enquanto que os períodos teóricos mostravam uma relação contrária, então nos relataram este problema e juntos analisamos os gráficos novamente e identificamos que o erro estava na análise gráfica. Esta percepção do grupo evidencia o entendimento da relação entre teoria e experimento, que apesar de não terem encontrado valores próximos, a proporcionalidade prevista pela teoria deveria se cumprir. O último período foi utilizado pelos grupos 1, 2 e 5 para a finalização da análise dos dados e os demais grupos organizaram seus resultados em um cartaz para apresentar para a turma no encontro seguinte. Neste momento de construção dos cartazes (Figura 27), vários grupos solicitaram ajuda perguntando o que precisariam apresentar quais informações eram importantes. Apenas um grupo não realizou a construção do cartaz para apresentação, pois um dos integrantes foi embora mais cedo e levou o guia com os dados.

Figura 27: Grupos construindo cartazes com seus resultados

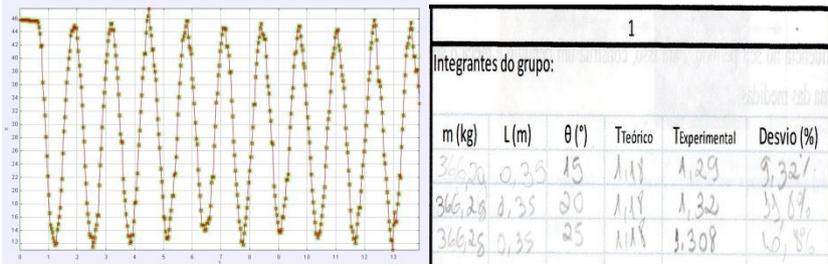
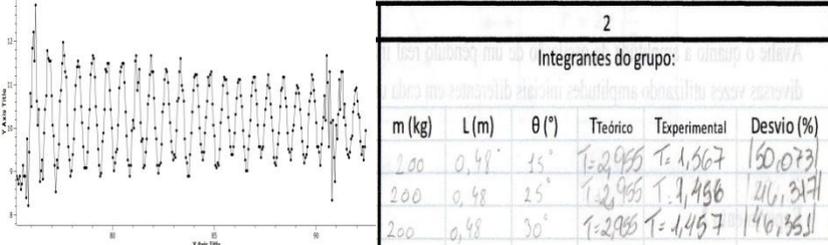


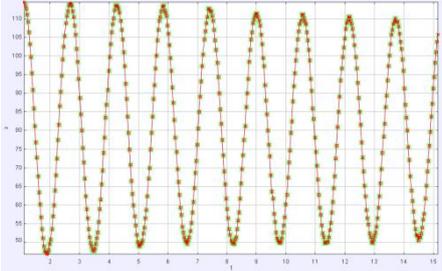
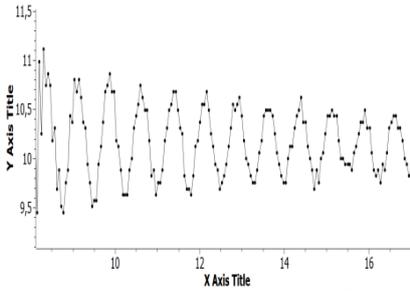
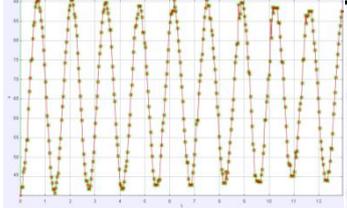
Fonte: Acervo da autora

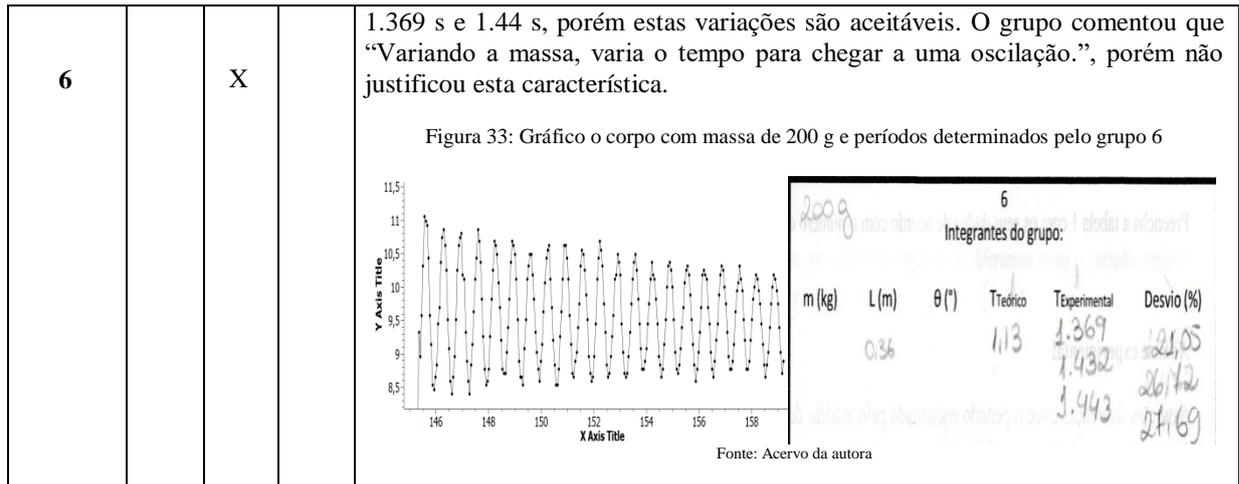
Através da realização desta atividade prática, percebemos que os alunos se envolveram na proposta, apesar de terem sido necessárias seis horas aula para a realização de um experimento, os alunos não dispersaram e realizaram a prática de forma satisfatória. Ainda, tivemos evidências de aprendizagem por parte de alguns grupos, como foi citado ao longo do texto, demonstrando assim, a importância da realização de atividades experimentais, não dissociando a prática da teoria. Durante o desenvolvimento destes dois encontros pudemos perceber o avanço dos alunos em relação à participação em aula. A seguir, mostraremos uma análise por grupo em relação aos objetivos previstos para esta etapa, conforme o Quadro 3. Como os objetivos III e IV se relacionam de forma que para atingir o objetivo IV é necessário ter conseguido atingir o objetivo III, agrupamos estes em apenas uma análise, apresentada a seguir.

Quadro 8: Objetivos de Aprendizagem III e IV

Objetivos de Aprendizagem III e IV				
<i>Determinar o período de um pêndulo de laboratório a partir de um gráfico de posição versus tempo; e Encontrar o período de oscilação de um pêndulo de laboratório com a alteração dos seguintes parâmetros: comprimento do fio; massa do objeto oscilante e amplitude de oscilação.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais

1	X		<p>O grupo 1 gerou seu gráfico a partir da vídeo análise e apenas solicitaram ajuda para lembrar como era feita a análise gráfica. Após a explicação, determinaram os períodos experimentais de forma correta, como podemos ver na Figura 28. Com a alteração do parâmetro amplitude de oscilação, o grupo encontrou períodos experimentais próximos entre as três medidas feitas, esta característica se deve ao fato da alteração do parâmetro amplitude ter se mantido dentro da aproximação necessária para que o período experimental possa ser comparado ao período teórico, ou seja, para pequenas amplitudes quando $\text{sen}\theta \approx \theta$, ou seja, para θ menor que 0,523 rad, que equivale a um ângulo menor do que 30°. Porém, o grupo não respondeu às questões em relação à conclusão do experimento.</p> <p>Figura 28: Gráfico para amplitude de 15° e períodos determinados pelo grupo 1</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>
2	X		<p>O grupo 2 gerou seu gráfico a partir da coleta de dados com o Arduino e inicialmente tiveram dificuldades com a construção gráfica, porém o grupo percebeu que os gráficos não estavam sendo gerados da forma correta e solicitaram ajuda, com os problemas resolvidos, o grupo determinou o período de forma correta, como podemos ver na Figura 29. Com a alteração do parâmetro amplitude de oscilação, o grupo encontrou períodos experimentais próximos, lembrando que assim como o grupo 1, eles não utilizaram amplitudes maiores que 30°. Eles demonstraram, de certa forma, entendimento em relação à aproximação dos períodos experimentais, ao comentarem na conclusão do experimento que “O teórico fica o mesmo, já o experimental não, pois os ângulos variam e o ar atrapalha um pouco.” Porém, é possível perceber que os alunos obtiveram desvios de aproximadamente 50%, isso se deu devido ao cálculo equivocado do período teórico, como podemos observar, este deveria ser 1,39 s e não 2,955 s como determinado pelo grupo.</p> <p>Figura 29: Gráfico para amplitude de 15° e períodos determinados pelo grupo 2</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>
			<p>O grupo 3 analisou seu gráfico gerado a partir da vídeo análise. Inicialmente, não demonstraram dúvidas para a realização da análise gráfica, porém, após os primeiros dados, perceberam incoerência nos períodos experimentais, de modo que os períodos encontrados estavam diminuindo a medida que o comprimento do fio aumentava. Neste momento, o grupo solicitou ajuda e percebemos que o erro estava na análise gráfica, devido a forma da contagem do número de oscilações, pois o gráfico foi gerado de forma correta, como podemos ver na Figura 30.</p> <p>Figura 30: Gráfico para comprimento de 0,55m e períodos determinados pelo grupo 3</p>

3	X		 <table border="1" data-bbox="1018 230 1422 501"> <thead> <tr> <th colspan="7">3</th> </tr> <tr> <th colspan="7">Integrantes do grupo:</th> </tr> <tr> <th>m (kg)</th> <th>L (m)</th> <th>θ (°)</th> <th>Téorico</th> <th>Experimental</th> <th>Desvio (%)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>366,2</td> <td>0,55</td> <td>45°</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> <td>10%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>366,2</td> <td>0,35</td> <td>45°</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>12%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>366,2</td> <td>0,27</td> <td>45°</td> <td>1,04</td> <td>1</td> <td>4%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: Acervo da autora</p>	3							Integrantes do grupo:							m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)		366,2	0,55	45°	1,5	1,6	10%		366,2	0,35	45°	1,2	1,3	12%		366,2	0,27	45°	1,04	1	4%	
3																																													
Integrantes do grupo:																																													
m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)																																								
366,2	0,55	45°	1,5	1,6	10%																																								
366,2	0,35	45°	1,2	1,3	12%																																								
366,2	0,27	45°	1,04	1	4%																																								
4	X		<p>O grupo 4 gerou seu gráfico a partir dos dados coletados pelo Arduino e apenas solicitaram ajuda para relembrar como era feita a análise gráfica. Após a explicação, determinaram os períodos experimentais de forma correta, como podemos ver na Figura 31.</p> <p>Figura 31: Gráfico para comprimento de 0,45m e períodos determinados pelo grupo 4</p>  <table border="1" data-bbox="986 719 1417 1010"> <thead> <tr> <th colspan="7">4</th> </tr> <tr> <th colspan="7">Integrantes do grupo:</th> </tr> <tr> <th>m (kg)</th> <th>L (m)</th> <th>θ (°)</th> <th>Téorico</th> <th>Experimental</th> <th>Desvio (%)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200g</td> <td>0,45cm</td> <td>45°</td> <td>1,34</td> <td>1,50</td> <td>11,94</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200g</td> <td>0,30cm</td> <td>45°</td> <td>1,10</td> <td>1,11</td> <td>0,9090</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200g</td> <td>0,20cm</td> <td>45°</td> <td>0,90</td> <td>0,926</td> <td>2,8888</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: Acervo da autora</p>	4							Integrantes do grupo:							m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)		200g	0,45cm	45°	1,34	1,50	11,94		200g	0,30cm	45°	1,10	1,11	0,9090		200g	0,20cm	45°	0,90	0,926	2,8888	
4																																													
Integrantes do grupo:																																													
m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)																																								
200g	0,45cm	45°	1,34	1,50	11,94																																								
200g	0,30cm	45°	1,10	1,11	0,9090																																								
200g	0,20cm	45°	0,90	0,926	2,8888																																								
5	X		<p>O grupo 5 teve seu gráfico gerado a partir da vídeo análise, para a realização da análise gráfica somente perguntaram sobre a contagem das oscilações. O grupo determinou os períodos experimentais, porém os valores encontrados deveriam estar em torno de 1,36 s, como podemos perceber no gráfico ilustrado como exemplo na Figura 32, o grupo encontrou alguns valores diferentes, provavelmente estas diferenças se devem à análise gráfica incorreta. Este grupo deveria identificar que o período de oscilação independe da massa do objeto oscilante e ao aumentar a massa do sistema, encontraram períodos que aumentaram conforme o aumento da massa, porém estas variações são aceitáveis, visto que são variações mínimas.</p> <p>Figura 32: Gráfico para o corpo com massa de 366,2 g e períodos determinados pelo grupo 5</p>  <table border="1" data-bbox="1007 1525 1337 1733"> <thead> <tr> <th colspan="7">5</th> </tr> <tr> <th colspan="7">Integrantes do grupo:</th> </tr> <tr> <th>m (kg)</th> <th>L (m)</th> <th>θ (°)</th> <th>Téorico</th> <th>Experimental</th> <th>Desvio (%)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>366,2</td> <td>0,39</td> <td>45°</td> <td>1,08</td> <td>1,09,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>366,2</td> <td>0,39</td> <td>45°</td> <td>1,08</td> <td>1,36</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>366,2</td> <td>0,39</td> <td>45°</td> <td>1,08</td> <td>1,14</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: Acervo da autora</p>	5							Integrantes do grupo:							m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)		366,2	0,39	45°	1,08	1,09,5			366,2	0,39	45°	1,08	1,36			366,2	0,39	45°	1,08	1,14		
5																																													
Integrantes do grupo:																																													
m (kg)	L (m)	θ (°)	Téorico	Experimental	Desvio (%)																																								
366,2	0,39	45°	1,08	1,09,5																																									
366,2	0,39	45°	1,08	1,36																																									
366,2	0,39	45°	1,08	1,14																																									
			<p>O grupo 6 analisou seu gráfico gerado a partir dos dados coletados pelo Arduino. Para analisar o gráfico, o grupo solicitou ajuda, pois não estavam entendendo a forma de contagem das oscilações, assim para o primeiro gráfico fizemos a contagem juntos, porém pelos períodos calculados pelo grupo, pode-se perceber que mesmo com a explicação restou alguma dúvida, pois como podemos ver na Figura 33, os períodos deveriam ser próximos de 1,32 s, mas o grupo registrou valores diferentes. O grupo deveria identificar que o período de oscilação independe da massa do objeto oscilante e ao aumentar a massa do sistema, encontraram períodos que apresentaram pequenas variações entre</p>																																										



Fonte: Dados da autora

A partir desta análise podemos perceber que os grupos conseguiram determinar os períodos para o pêndulo de laboratório. Em relação à mudança de parâmetros, percebemos coerência nos resultados dos períodos, sendo que os grupos 1 e 2, que alteraram a amplitude de oscilação, encontraram períodos experimentais com valores próximos para os três lançamentos, ou seja, como previsto pela teoria, a alteração da amplitude não deve alterar o período, desde que esta alteração esteja dentro do domínio de validade do modelo teórico de pêndulo simples, que se baseia na aproximação $\sin\theta \approx \theta$. É importante ressaltar que esta característica foi discutida com os alunos, por esta razão os grupos somente variaram suas amplitudes até 30° . Os grupos 3 e 4, que alteraram o comprimento do fio, constataram que a medida que diminuíram os comprimentos os períodos experimentais também diminuíram, assim como era esperado pela teoria. Os grupos 5 e 6, alteraram as massas dos corpos oscilantes e deveriam ter encontrado valores muito próximos uns dos outros visto que alteraram somente a massa do corpo e não as dimensões nem o formato do mesmo, porém estes dois grupos tiveram dificuldades tanto no cálculo do período teórico como na determinação do período experimental, obtendo desvios maiores do que o esperado.

5.1.1.3 Etapa III – Discussão Final

5.1.1.3.1 Encontro 6: Aula 13 – Discussão dos resultados

No dia 30 de maio de 2017 foi realizado o último encontro deste episódio de modelagem, para esta aula fizemos um círculo com os grupos para que os mesmos apresentassem para a turma seus resultados. Cada grupo organizou em um cartaz seus resultados (Figura 34) para que pudéssemos discutir as conclusões das atividades realizadas.

Para esta discussão, foi necessário conduzir a apresentação dos grupos, fazendo perguntas e chegando a conclusões junto com os alunos, pois quando questionados ficavam envergonhados de falar para o grande grupo. Cada grupo apresentou os resultados do seu experimento, falando qual parâmetro havia alterado e qual forma de análise foi utilizada.

Figura 34: Grupos apresentando seus resultados



Fonte: Acervo da autora

A cada apresentação de grupo era realizada uma discussão sobre seus resultados e se estavam dentro dos resultados esperados de acordo com o modelo teórico utilizado e a alteração de parâmetros realizada. É importante ressaltar que tínhamos como objetivo apresentar para os alunos que modelos teóricos possuem domínio de validade, por este motivo durante a discussão dos grupos 1 e 2 destacamos a característica de que, como previsto pela teoria, a mudança da amplitude de lançamento não deveria alterar o período teórico desde que estivesse seguindo as condições do domínio de validade deste modelo teórico que se refere à pequenas amplitudes, considerando a aproximação $\sin\theta \approx \theta$ (para θ em radianos). Após a aplicação desta atividade percebemos que poderíamos ter incentivado os grupos 1 e 2 a utilizarem maiores amplitudes para que percebessem maiores divergências entre os resultados teóricos e experimentais, devido ao afastamento do domínio de validade, pois eles trabalharam somente dentro do domínio de validade. Durante a discussão dos grupos 3 e 4 os mesmos destacaram a característica de que à medida que diminuíram o comprimento do fio utilizado, o período de oscilação também diminuía, esta característica foi percebida tanto no período teórico quanto no período experimental, com isso evidenciamos estas características lembrando a equação teórica, a qual possui relação de proporcionalidade com o comprimento do fio. Na discussão do grupo 5 (os componentes do grupo 6 não estavam em aula) destacamos que a alteração da massa não era uma característica prevista pela teoria para a alteração do período do pêndulo, por isso o período teórico se manteve o mesmo para as três massas utilizadas, mas uma alteração do período experimental foi percebida, apesar de terem havido divergências nos resultados encontrados pelos grupos, como já discutido no Quadro 8, estas diferenças foram justificadas pela área do corpo suspenso ocupada sofrendo assim maior

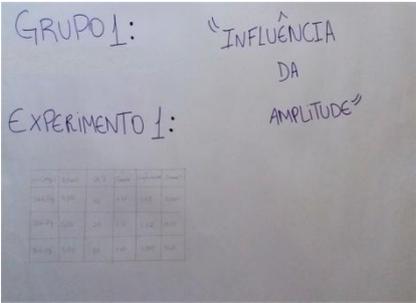
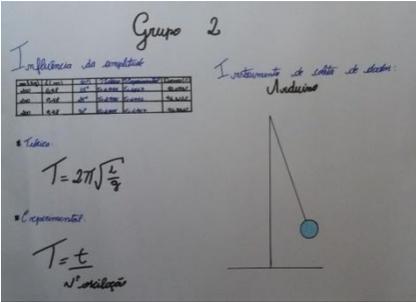
resistência do ar, por isso os resultados considerados adequados apresentaram diferenças percentuais de até 10%.

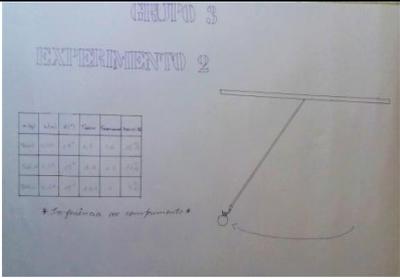
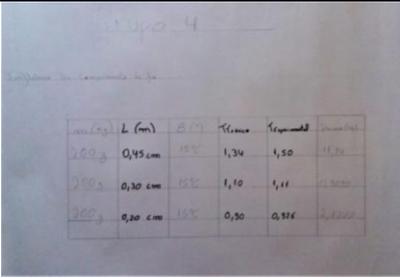
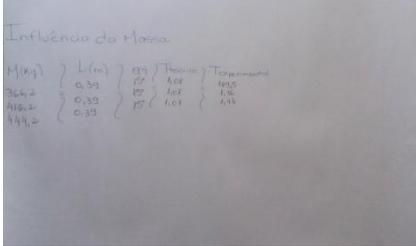
As conclusões dos grupos foram analisadas de acordo com o objetivo de aprendizagem V, mostrado no Quadro 9. Após a discussão foram feitos alguns questionamentos para os alunos em relação às atividades desenvolvidas, como: “O que vocês acharam de desenvolver atividades práticas em sala de aula?”; “As atividades fizeram sentido? Vocês conseguiram entender o que estávamos fazendo?”; “Vocês gostariam que tivessem mais aulas deste tipo, onde vocês se envolvem mais?”. Em relação a estes questionamentos, os alunos comentaram que já tinham realizado atividade prática em sala de aula, porém somente observaram, não haviam interagido com materiais, nem coletado dados. Quando questionados sobre os processos de realização experimental, para os quais eles interagiram mais, o aluno 1 comentou que: “acho que dessa forma eu aprendi melhor, não fica só parado”; e o aluno 3 comentou “acho que a gente entende um pouco mais como funciona, né. Que às vezes o simples, que é no papel, o teórico, a gente não entende muito bem como funciona e com o experimental é muito melhor de aprender.”.

A seguir destacaremos evidências de aprendizagens dos grupos a partir dos objetivos definidos para a discussão final, de acordo com o que foi discutido neste momento de compartilhamento dos resultados com o grande grupo.

Quadro 9: Objetivo de Aprendizagem V

Objetivo de aprendizagem V				
<i>Realizar discussões sobre as convergências e divergências entre os resultados teóricos e experimentais.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais

1	X		<p>Ao expor seus resultados, o grupo 1 relatou que na realização experimental não haviam alterado nem a massa do corpo, nem o comprimento do fio, somente a amplitude de oscilação. Com isso perceberam que o período teórico foi o mesmo para as três amplitudes de lançamento, já para o período experimental, à medida que aumentavam a amplitude o período era alterado. Como havia sido pedido, o grupo calculou o desvio percentual dos resultados, entre teórico e experimental, o desvio encontrado foi próximo à 10%.</p> <p>Figura 35: Cartaz com os resultados do grupo 1</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>
2	X		<p>O grupo 2 relatou seus resultados, comentando que também haviam alterado a amplitude do movimento, destacando que o período teórico se manteve com as alterações realizadas, enquanto que no período experimental houve diferenças. No cálculo do desvio, o grupo encontrou em torno de 46%, o que seria uma diferença extremamente grande, porém o cálculo do período teórico foi realizado de forma incorreta, eles encontraram um período de 2,95 s, quando deveria ser 1,39 s. A partir desta inconsistência nos resultados teóricos, o grupo percebeu que os resultados teóricos e experimentais apresentaram diferenças. Porém, não apresentaram e discutiram os fatores que poderiam ter causado tais diferenças.</p> <p>Figura 36: Cartaz com os resultados do grupo 2</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p>
3	X		<p>Os grupos 3 e 4 alteraram o comprimento do fio para a determinação do período. Relataram que à medida que diminuíram o comprimento do fio o período foi diminuindo, e esta característica foi percebida tanto para o período teórico, quanto para o experimental, porém, os períodos encontrados teoricamente divergiram dos encontrados experimentalmente. O grupo 3 relatou que “Na teoria, as medidas são feitas sem o atrito com o ar.”</p> <p>Figura 37: Cartaz com os resultados do grupo 3 Figura 38: Cartaz com os resultados do grupo 4</p>

4	X			  <p>Fonte: Acervo da autora</p>
5	X			<p>Os grupos 5 e 6 alteraram a massa do sistema para a determinação dos períodos. Neste encontro, da etapa de discussão, nenhum aluno do grupo 6 compareceu, somente o grupo 5 participou da discussão. O grupo 5 apresentou seus resultados, comentando que teoricamente o período não foi alterado, porém experimentalmente, a medida que aumentavam a massa o período era alterado, mas não justificaram esta característica.</p> <p>Figura 39: Cartaz com os resultados do grupo 5</p>
6			X	 <p>Fonte: Acervo da autora</p>

Fonte: Dados da autora

Para avaliar as análises e cálculos desenvolvidos pelos grupos, consideramos um desvio aceitável entre valores teóricos e experimentais de 10%, diante disto todos os grupos apresentaram algum tipo de dificuldade, por exemplo, o grupo 1 apresentou um desvio de 11,86% para o período calculado a partir do lançamento com 20° de amplitude, o que aponta maiores interferências na experimentação. O grupo 2 apresentou todos os seus desvios fora do padrão aceitável, esta incoerência se dá pelo erro de cálculo do período teórico desenvolvido pelo grupo, considerando o período correto encontramos um desvio de 12,73% para a amplitude de 15°. O grupo 3 apresentou dados corretos, mas calcularam os desvios de forma incorreta, quando calculado de forma adequada encontramos desvios dentro do esperado para todos os comprimentos de fio utilizados pelo grupo. O grupo 4 apresentou seus dados e o cálculo dos desvios de forma correta, foi possível perceber um desvio de 11,94% para o maior comprimento (0,45 m) utilizado pelo grupo. O grupo 5 apresentou períodos teóricos e experimentais incorretos, devido ao fato de dificuldades com o uso da calculadora e também na análise gráfica, pois a construção gráfica foi feita de forma correta, este fato pode estar relacionado com a característica de trabalho do grupo, pois estes não demonstraram disposição em se envolver na atividade, fizeram porque era necessário, eles também não calcularam seus desvios, mas quando realizamos os cálculos para analisar os dados desse

grupo, obtivemos desvios menores do que 10%. O grupo 6 apresentou problemas semelhantes ao grupo 5, com a diferença de que durante a realização da atividade demonstraram maior interesse em desenvolver o que foi pedido, inclusive foi o primeiro grupo a finalizar suas análises e cálculos, obtiveram um desvio de 10,46% para a maior massa do corpo suspenso.

Cabe salientar que tais procedimentos equivocados apresentados pelos grupos foram analisados e discutidos assim que cada par concluía sua apresentação, constituindo-se na nossa síntese sobre as influências dos parâmetros alterados. Em relação à amplitude procuramos mostrar que os grupos encontraram períodos experimentais muito próximos pelo fato de não terem trabalhado com amplitudes maiores que 30° . Por exemplo: o grupo 1 encontrou como menor valor de período 1,29 s e como maior 1,308 s. Em relação ao comprimento apenas discutimos os cálculos sobre os desvios do grupo 3 e ratificamos as conclusões dos grupos 3 e 4. A respeito da massa, realizamos uma discussão semelhante à realizada sobre amplitude, reforçando que as diferenças encontradas não necessariamente ocorreram pela alteração da quantidade de massa suspensa, pois possivelmente se o experimento fosse realizado mais de uma vez, mantendo os mesmos parâmetros, é bem provável que tais diferenças ocorram novamente, pois se tratam de diferenças da ordem de 0,1 s.

De modo geral, os grupos se engajaram para desenvolver as atividades, como podemos perceber pela análise sobre objetivos de aprendizagem. Apesar de os grupos 2, 5 e 6, terem demonstrado dificuldade no cálculo do período teórico, que provavelmente ocorreu devido ao mau uso da calculadora, estes, assim como os demais grupos, foram capazes de determinar o período tanto teórico quanto experimental, e perceber diferenças nos resultados. Porém, os alunos apresentam muita dificuldade em discutir sobre o que está sendo estudado, por este motivo, todas as discussões foram realizadas com nosso auxílio, ou seja, os alunos perceberam as diferenças, porém não sabiam justificar estas características. Assim, a percepção de que modelos teóricos são representações parciais de situações reais e possuem domínio de validade, foi discutido por nós com os alunos, no entanto nenhum aluno contribuiu com esta discussão, apenas concordaram com o que estava sendo discutido, o que é uma característica muito presente nas salas de aula do Ensino Básico, os alunos aceitam o que o professor diz. Como podemos perceber os grupos, apesar de identificar que houve diferenças entre resultados teóricos e experimentais, não conseguiram justificar estas diferenças e/ou corrigir procedimentos inadequados. Foi necessário que fizéssemos uma discussão com o grande grupo para destacar as possíveis influências para que estas diferenças

ocorram, como por exemplo: forças resistivas, devido ao tamanho e formato do aparato experimental; procedimentos equivocados para a coleta de dados; cálculos matemáticos inadequados; pequeno número de lançamentos para encontrar valores médios, os grupos fizeram apenas uma medida para cada lançamento, não tendo calculado uma média destes resultados para apresentar um desvio.

5.1.2 Episódio de Modelagem II – Geração de Energia

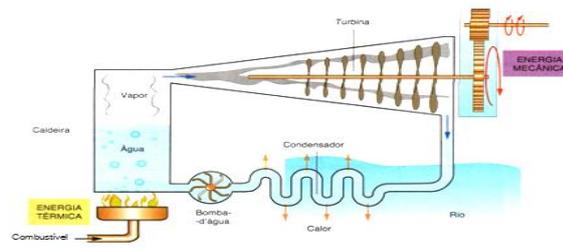
5.1.2.1 Etapa I – Discussão Inicial

5.1.2.1.1 Encontro 1: Aula 1 - Realização do questionário inicial

No dia 29 de agosto de 2017 iniciamos o segundo episódio proposto com a aplicação de um questionário inicial (Apêndice I) contendo quatro perguntas investigativas para sondagem sobre o conhecimento prévio dos alunos, não eram questões que possuíam respostas certas ou erradas, assim, através destas respostas identificamos o conhecimento dos alunos a respeito dos tipos de geração de energia elétrica; tipos de usina e suas diferenças e os conteúdos da Física relacionados à geração de energia. Inicialmente a proposta era para que os alunos respondessem de forma individual, porém percebemos que para o desenvolvimento da questão 4 (Figura 40), na qual era necessário desenhar a representação de uma usina hidroelétrica, a partir de uma representação de uma termoelétrica, os alunos comentaram que não sabiam e deixariam em branco, como percebemos pelo desenvolvimento do episódio anterior que os alunos trabalhavam bem em grupos, decidimos pedir para que eles se organizassem em grupos e então discutissem como seria a representação de uma usina hidroelétrica para então desenhá-la e compará-la com a figura de uma usina termoelétrica. Por fim, percebemos que restaria tempo hábil e então solicitamos que os grupos pesquisassem, usando seus celulares, as diferenças entre as usinas termoelétricas; hidroelétricas; eólicas e solares.

Figura 40: Questão 4 do questionário inicial

4) Que tipo de usina está representada na figura abaixo?



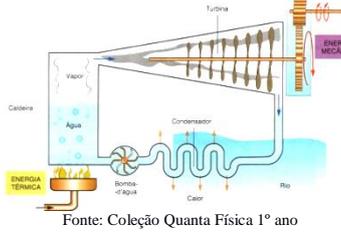
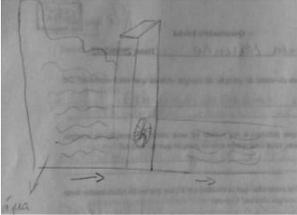
- Com base na figura acima, desenhe uma representação de uma usina hidrelétrica.
- Escreva quais as diferenças e semelhanças entre elas.

Fonte: Coleção Quanta Física 1º ano

Dos 27 alunos que participaram das atividades deste episódio, somente dois alunos (alunos 10 e 27) deixaram todas as questões em branco, sendo estes os mesmos que demonstraram desinteresse inicial no Episódio I. No Quadro 10 analisaremos cada questão realizando comentários gerais sobre o desenvolvimento dos alunos. Estes resultados também serão utilizados para evidenciar o cumprimento do objetivo I proposto para este Episódio e que será discutido no Quadro 11.

Quadro 10: Análise do questionário inicial II

Questão	Comentários gerais
1) Quais os tipos de usina de geração de energia elétrica que você conhece? Dê exemplos	Os 25 alunos demonstraram conhecimento sobre algum tipo de geração de energia elétrica, sendo a usina termoeletrica de Candiota o exemplo citado por todos. Outros tipos de geração citados foram: hidrelétrica, eólica, solar e nuclear.
2) Você sabia que próximo à sua cidade há uma usina de geração de energia elétrica? Se sim, você sabe qual o tipo de geração que ela realiza?	Os 25 alunos responderam que sabiam da existência da usina de geração de energia elétrica, 11 alunos responderam que era uma usina termoeletrica; 5 alunos responderam que era uma usina de queima de carvão; 5 alunos responderam que era um usina de geração de luz; 3 alunos responderam que era uma usina hidrelétrica e 1 aluno respondeu que sabia, porém não respondeu qual o tipo.
3) Você identifica conteúdos que já estudou em Física que estão relacionados com a geração de energia elétrica? Cite-os.	Dos 25 alunos, 17 citaram como conteúdos relacionados: corrente elétrica; geradores; resistores; eletrodinâmica; carga elétrica; potência e processos de condensação e vaporização, 7 alunos não responderam e 1 aluno respondeu que as fórmulas se relacionavam, porém não citou nenhuma.
4) Que tipo de usina está representada na figura abaixo? Figura 41: Representação de uma usina	10 alunos responderam que a figura representava uma usina termoeletrica, 2 alunos responderam que era uma usina hidrelétrica e 1 respondeu que representava uma usina eólica. Os demais 12 alunos somente realizaram as pesquisas em grupos. 7 alunos desenharam a representação de uma usina

 <p>Fonte: Coleção Quanta Física 1º ano</p> <p>-Com base na figura acima, desene uma representação de uma usina hidrelétrica.</p> <p>-Escreva quais as diferenças e semelhanças entre elas.</p>	<p>hidrelétrica (Figura 42), mesmo podendo pesquisar nenhum desenho foi completo, porém todos mostravam a característica da água fazendo a turbina girar.</p> <p>Figura 42: Desenho do aluno 12 de uma usina hidrelétrica</p>  <p>Fonte: Acervo da autora</p> <p>Somente 3 alunos escreveram sobre a diferença entre as usinas termoeletrica e hidroeletrica, o aluno 19 respondeu: “Na termoeletrica é usado calor para produzir energia, já na hidroeletrica é a água a responsável pela produção, através do movimento, ou seja a água movimenta uma espécie de pás em espiral.”</p>
--	---

Fonte: Dados da autora

5.1.2.1.2 Encontro 2: Aulas 2 e 3 – Introdução ao episódio e discussão conceitual

No dia 30 de agosto de 2017 foram realizadas duas aulas com a turma, na primeira foram apresentados slides (Apêndice J) para discutir com os alunos sobre os tipos de energia e suas formas de geração. Os alunos foram questionados sobre o que eles entendiam como energia e suas formas de transformação, inicialmente não se manifestaram demonstrando ainda certa resistência a estes momentos em que precisam refletir sobre o que está sendo estudado e debatido, assim como percebemos no episódio I. Ao serem questionados sobre o que fazíamos para ter energia falaram sobre alimentação e alguns falaram em dormir. Em seguida discutimos sobre as formas de energia e exemplos de onde, na vida dos alunos, estas estavam presentes. Questionamos se os alunos imaginavam suas vidas sem o uso da energia elétrica e a maioria falou que não, mas alguns falaram que leriam à luz de velas e tomariam mate na praça. Então, perguntamos se eles sabiam como a energia elétrica pode ser gerada, em seguida apresentamos os tipos de usinas e a capacidade de geração de cada uma delas no Brasil (Figura 43), com estas informações, voltamos a perguntar se eles sabiam de onde vinha a energia elétrica que nossa cidade consumia e muitos citaram a usina termoeletrica de Candiota, com isso fomentamos uma discussão em torno dos dados apresentados sobre a capacidade de geração das usinas presentes no Brasil e chegamos à conclusão que a energia da casa deles não necessariamente vem da usina mais próxima, pois existe uma central de distribuição de energia.

Figura 43: Principais formas de geração de energia no Brasil



Fonte: Governo do Brasil (2014)

Disponível em: goo.gl/t4DvFY

Com esta discussão os alunos demonstraram interesse na usina nuclear, e assim foi realizada uma discussão sobre a mesma. Conversamos sobre radioatividade, pois os alunos perguntaram sobre o acidente de Chernobyl, o objetivo da aula não era falar sobre radioatividade, porém foi um interesse que partiu dos alunos e assim fizemos uma discussão. É importante destacar que alguns alunos, enquanto conversávamos sobre este tipo de geração de energia, pesquisaram na internet informações mais precisas, como ano do acidente, se há moradores na cidade, para discutir com a turma, isso mostra que os alunos tem interesse em aula e são participativos e que é possível desenvolver atividades diferenciadas com a turma.

Após a discussão sobre as usinas de geração de energia, perguntamos aos alunos se seria possível gerar energia de outra forma, como por exemplo, pedalando ou correndo, os alunos afirmaram que sim e os alunos 1 e 16 comentaram sobre um filme em que o personagem pedala na bicicleta para acender a casa de um ratinho, o aluno 1 ainda comentou que já viu acenderem as luzes de uma maquete pedalando, comentamos sobre a existência em alguns aeroportos de aparatos que possuem uma bicicleta acoplada para poder carregar o celular. Com isso, mostramos uma lanterna que não estava funcionando, então quando a movimentamos ela acendeu. Os alunos ficaram impressionados, perguntamos para eles o que havia acontecido que poderia ter influenciado no funcionamento e eles falaram sobre o movimento realizado, a aluna 7 falou que era devido à energia cinética. Em seguida a lanterna foi passada pelos alunos para que pudessem observar seus componentes, vários fizeram o teste de sacudir muito para ver o que acontecia e perceberam a diferença no brilho da lâmpada.

Em seguida, passamos para análise dos processos de uma termoelétrica e discutimos o que os diferentes tipos de usina possuíam em comum, baseado na pesquisa que eles haviam feito na aula anterior. Os alunos comentaram que a turbina era o componente comum às usinas. Ao serem questionados do porquê de um condensador na usina termoelétrica, a aluna 7 falou sobre o aproveitamento da água. Para finalizar a aula, apresentamos aos alunos os processos da modelagem científica que fariam parte do desenvolvimento de nossas aulas. É importante destacar que ao final da aula a aluna 15 (que não costuma ser participativa) devolveu a lanterna e comentou sobre como a Física envolve “coisas” e está presente nestas várias “coisas”. Ela ainda falou que poder ver a Física presente nestas “coisas” faz com que ela entenda melhor a aula. Esta situação evidencia a importância da realização de relações entre o conceito apresentado e situações reais, mesmo nesta aula que somente houve discussões teóricas e uma demonstração experimental, os alunos prestaram a atenção às relações existentes com algo que lhes era familiar, evidenciando a importância de levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos para que, assim, possamos auxiliá-los a estabelecer relações as quais não estão acostumados a realizar em sala de aula, para desta forma, propiciar uma aprendizagem significativa.

A segunda aula foi no último horário, os alunos já estavam visivelmente mais dispersos. Ainda assim apresentamos uma discussão conceitual (Apêndice K) evidenciando cada uma das etapas de uma termoelétrica, em seguida fizemos uma breve revisão dos conceitos de carga elétrica, corrente elétrica, campo elétrico e força eletromotriz. Discutimos acerca de algumas características dos ímãs e campo magnético, para então definir fluxo magnético. Para que os alunos entendessem melhor fluxo positivo, negativo e nulo fizemos uma analogia à entrada e saída de pessoas de um lugar. Eles não demonstraram muito entendimento nem interesse em participar. Naquele momento percebemos que estes conceitos não haviam ficado claros para os alunos.

Quadro 11: Objetivo de Aprendizagem I

Objetivo de aprendizagem I

Identificar e diferenciar formas de geração de energia elétrica.

Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais
1	X			Os grupos 1, 2 e 3 foram capazes de reconhecer formas de geração de energia elétrica, citando exemplos como: usinas eólica, solar, hidrelétrica, termoeétrica e nuclear. Os três grupos realizaram a pesquisa diferenciando estes tipos de usina, no grupo 3 os alunos 12 e 19 ainda destacaram a diferença entre as usinas termoeétricas e hidrelétricas. Destes grupos, os integrantes 5 e 32 do grupo 1; 1 e 20 do grupo 2 e 7, 21 e 25 do grupo 3 não conseguiram relacionar nenhum conteúdo da física que já haviam estudado com a geração de energia elétrica.
2	X			
3	X			
4			X	Somente dois integrantes do grupo 4 realizaram o questionário inicial, os demais não estavam em aula, e estes que participaram não responderam nenhuma questão.
5		X		O grupo 5 somente citou dois tipos de usina de geração de energia elétrica, eólica e termoeétrica, porém realizaram a pesquisa sobre as diferenças entre as demais usinas. Os alunos reconheceram que a usina próxima à sua cidade era uma usina termoeétrica.

Fonte: Dados da autora

A partir destas conclusões e da análise mostrada no Quadro 11, podemos perceber que os alunos sabem que há mais de um tipo de geração de energia elétrica. Os 25 alunos que responderam a este questionário sabem da existência de uma usina de geração de energia elétrica próxima à sua cidade, ainda que 9 alunos não saibam o tipo de geração que esta usina realiza. A maior parte dos alunos (17) consegue relacionar a geração de energia com algum conteúdo da física estudado, mostrando que, de alguma forma, entendem que o processo de geração de energia envolve conceitos estudados no eletromagnetismo.

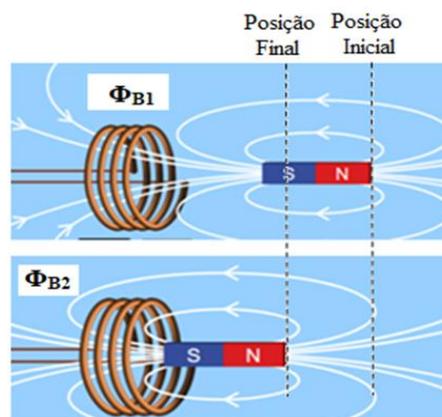
5.1.2.2 Etapa II - Investigação

5.1.2.2.1 Encontro 3: Aulas 4 e 5 – Imãs, bobinas e galvanômetro

No dia 31 de agosto de 2017 tivemos duas aulas na sequência nos primeiros horários da manhã. Inicialmente fizemos uma retomada do que havíamos trabalhado na aula anterior e então, usando slides (Apêndice K), questionamos aos alunos se eles já haviam ouvido falar sobre motores "perpétuos", então fizemos uma discussão sobre este tipo de movimento que é bastante divulgado na *internet*, usando este exemplo introduzimos a Lei de Faraday-Lenz que trata da geração de uma força eletromotriz induzida a partir da variação do fluxo magnético. Em seguida, foi feita uma retomada da discussão sobre os conceitos de força eletromotriz induzida e fluxo magnético. Para esta discussão fizemos a seguinte pergunta aos alunos "Quando as linhas de campo magnético estão entrando por uma superfície fechada, por

exemplo, em uma bobina, qual será o sentido do fluxo? E se as linhas estiverem saindo? E se não tiver linhas passando pela superfície há fluxo magnético no interior da bobina?", Vários alunos responderam estas questões com "positivo", "negativo" e "não tem", respectivamente. Ao mostrar a equação da força eletromotriz, foi destacado que esta tem sinal oposto à variação do fluxo magnético, então foi perguntado aos alunos "Se há um fluxo magnético como o da imagem (Figura 44), sendo o fluxo inicial menor do que o fluxo final, a variação do fluxo será positiva ou negativa (considerando que o fluxo é positivo quando as linhas estão saindo do interior da bobina e entrando no polo negativo do imã)? Como será a força eletromotriz?". Nenhum aluno tentou responder estes questionamentos, então reformulamos a pergunta: "Já que a força eletromotriz é contrária à variação do fluxo, se a variação é positiva qual será o sinal da força eletromotriz?", e então alguns alunos responderam que seria uma força eletromotriz negativa. A situação contrária também foi proposta aos alunos, percebemos nestes momentos que os alunos não fazem perguntas durante a apresentação dos conceitos, mas ao serem questionados, sempre tem um grupo de alunos que responde, normalmente é o mesmo grupo de alunos que se mostra mais interessado.

Figura 44: Imagem exibida aos alunos durante a discussão sobre força eletromotriz



Fonte: Simulador Lei de Faraday - PHET

Ao final desta discussão, foi solicitado aos alunos que se organizassem em grupos e o guia experimental (Apêndice L) foi entregue, com explicações teóricas, para que eles pudessem ler; refletir e após, responder cinco questões as quais denominamos previsões. Explicamos à turma que tínhamos como objetivo que eles realizassem a leitura e então respondessem, pois com as explicações e discussões feitas, deveriam prever o que iria acontecer. Neste guia consta a seguinte questão teórica: "Se ao invés de aproximar o ímã da bobina o ímã for afastado, a força eletromotriz permaneceria negativa? Justifique.". Para este questionamento, os grupos 4 e 5 responderam que o fluxo seria positivo justificando:

“Positivo, porque eles se atraem.” (grupo 4) e “Não, porque as bobinas vão trocar de lugar e vai ficar positivo.” (grupo 5). Apesar de terem respondido que a força eletromotriz mudaria de sinal suas justificativas não são condizentes com o que foi discutido. Os grupos 1 e 2 responderam que a força eletromotriz permaneceria negativa, justificando: “Sim, porque as bobinas foram trocadas de lugar e então ficou positivo.” (grupo 1), através desta resposta podemos perceber que o grupo ficou confuso em relação à pergunta, pois a justificativa é contrária a sua resposta de afirmação, e o grupo 2 justificou: “Sim, ela continuará negativa, pois quando o ímã é afastado o fluxo diminui.”. O grupo 2 demonstrou entendimento em relação ao fluxo magnético, porém não entenderam a relação entre a força eletromotriz e a variação do fluxo magnético. O grupo 3 respondeu: “Seria nula, porque quanto mais longe o ímã, menos linhas magnéticas se aproximam da bobina.”. Novamente, demonstrando entendimento sobre o conceito de fluxo magnético, porém não conseguem relacionar com a força eletromotriz.

Em uma mesa à frente da sala foram disponibilizados materiais (Figura 45), sendo eles: ímãs; bobinas; galvanômetros; cabos; resistores e pilhas, para que os alunos, posteriormente, pudessem investigar experimentalmente a respeito de suas respostas, pedimos para que respondessem às mesmas questões, porém colocassem suas novas respostas ao lado de sua predição.

Figura 45: Materiais disponibilizados para a investigação



Fonte: Acervo da autora

Durante esta atividade (Figura 46), foi necessário insistir para que os grupos 1; 4 e 5 desenvolvessem suas atividades. O grupo 4 só respondeu às perguntas quando levamos os materiais experimentais e junto com os alunos realizamos as investigações de acordo com as predições, pedindo para que eles lessem as questões e realizassem a experimentação. Percebemos que, quando questionados sobre as características da observação que estavam

fazendo eles prestavam atenção no que estava sendo feito, por exemplo, no sentido do movimento do ponteiro do galvanômetro quando o ímã era aproximado e afastado e quando os polos eram invertidos.

Figura 46: Alunos realizando atividade experimental



Fonte: Acervo da autora

Ao final da aula, foi feita uma retomada das questões presentes no guia, perguntando aos grupos suas respostas e interagindo com a turma. É importante ressaltar que neste dia os alunos iriam fazer uma confraternização com outro professor no último horário, o que fez com que os alunos dispersassem com facilidade, pois queriam resolver alguns preparativos, então nesta aula observamos algumas interferências externas no desenvolvimento das atividades propostas. Como se pode perceber, este Episódio de Modelagem sobre geradores elétricos foi desenvolvido de forma qualitativa. As respostas do questionário entregue aos alunos neste encontro foram analisadas de forma a buscar indícios sobre o objetivo de aprendizagem II e será mostrado no Quadro 12.

5.1.2.2.2 Encontro 4: Aula 6 – Gerador elétrico de laboratório

No dia 01 de setembro de 2017 tínhamos como objetivo entregar aos alunos um questionário sobre o funcionamento do gerador elétrico de laboratório levado para a aula e assim, após observar o funcionamento do mesmo, os alunos deveriam responder tais questões. Porém, nas primeiras sextas-feiras do mês os alunos do terceiro ano da escola vão caracterizados de algum tema e neste dia o tema era Gre-Nal, a aula seria depois do recreio e quando subimos para a sala de aula os alunos nos informaram que a direção da escola havia permitido que eles realizassem um jogo e assim haviam sido liberados das aulas. Assim, dos 27 alunos apenas 6 ficaram na aula. Portanto, só foi possível mostrar o funcionamento do gerador e discutir algumas características com estes alunos e os liberei. Depois deste ocorrido, os professores da escola ficaram três semanas em paralisação, sem aulas.

5.1.2.2.3 Encontro 5: Aula 7 – Gerador elétrico de laboratório

No dia 26 de setembro de 2017, demos sequência às atividades do Episódio II, como ocorreram vários imprevistos depois da última aula, foi realizada uma breve revisão dos principais conceitos estudados como, força eletromotriz, fluxo magnético, linhas de campo magnético, bem como as principais etapas de uma usina em geral, sempre dando ênfase à usina termoelétrica. Uma característica dos alunos desta turma é que eles escutam mais do que interagem, a não ser um grupo de alunos em específico que participa mais, porém a turma como um todo tem costume de faltar, raramente estão todos os alunos presentes em aula. Sobre as etapas da usina termoelétrica, discutimos o papel do carvão, ou outra fonte de calor, necessária no processo de geração de energia, pois esta é responsável por aquecer certa quantidade de água para então gerar vapor, sendo este o responsável pelo movimento mecânico da turbina que virá a movimentar os ímãs ou as bobinas, dependendo do sistema do gerador. Neste momento foi mostrado o gerador elétrico de laboratório (Figura 9), ressaltando que este era uma representação parcial do gerador real utilizado na usina. Assim, com os alunos em volta do gerador fizemos demonstrações do funcionamento do mesmo ligado a um voltímetro para que os alunos pudessem perceber as diferenças de tensão, alterando-se alguns parâmetros, como velocidade de rotação dos ímãs, número de bobinas ligadas em série, o número de espiras e a distância entre os ímãs e as bobinas. Após estas demonstrações ligamos um LED ao circuito para que os alunos pudessem perceber a influência destas alterações através do brilho do mesmo, apesar de ser uma variação sutil os alunos acharam interessante a oscilação do brilho. Ao longo das demonstrações os alunos não fizeram perguntas, esta característica se manteve ao longo de todas as atividades. Depois desta demonstração, os alunos foram para seus grupos e responderam quatro questões presentes no questionário sobre o gerador de laboratório (Apêndice M) entregue. Este questionário é composto por cinco questões sobre o funcionamento do gerador elétrico apresentado e o comportamento da força eletromotriz ao mudar as seguintes características: velocidade de rotação do motor; número de espiras de uma bobina e a distância entre ímãs e bobinas. A análise das respostas dos grupos em relação à observação da demonstração experimental está no Quadro 13 compondo as discussões sobre o objetivo III proposto para esta etapa do Episódio de Modelagem II. No final desta aula, os grupos receberam um questionário sobre a visita técnica (Apêndice N) que seria realizada no dia seguinte, das sete questões apresentadas, três deveriam ser respondidas durante a visita e quatro questões para depois da visita. Estas questões foram criadas com o objetivo de nortear os alunos durante a visita, para que ficasse claro o objetivo da mesma. Os

alunos foram orientados para que fizessem estas perguntas durante a visita e levassem as respostas na próxima aula.

5.1.2.2.4 Encontro 6: Aulas 8 a 12 – Visita técnica

No dia 27 de setembro de 2017 ocorreu uma visita técnica na CGTEE, que já havia sido remarcada por conta das paralisações da escola. Para a realização dessa atividade foi necessário o apoio do Campus Bagé da Unipampa que forneceu o transporte; do professor Luiz Antônio que colaborou durante todas as etapas deste episódio, conforme descrito na seção 4.2; e da direção da escola.

Este dia amanheceu chuvoso, o que ocasionou uma redução drástica do número de alunos, dos 27 alunos, apenas 12 compareceram para a realização da visita, depois de conversar com a direção da escola e o tempo estabilizar, foi permitida a saída dos alunos em direção a cidade de Candiota. No momento da saída da escola já não estava mais chovendo e assim se manteve durante toda a manhã. Mesmo com um número reduzido de alunos optamos por realizar a visita, pois seria difícil agendar novamente o transporte e a visita. Os alunos presentes estavam empolgados, por isso a realizamos mesmo com o número reduzido de alunos. O grupo teve um excelente comportamento, a visita foi muito tranquila, apesar de, como sempre, não terem interagido como seria o ideal, porém prestaram atenção e não se dispersaram em nenhum momento. Conhecemos todas as etapas de funcionamento da usina e as salas de controle (Figura 47). Os alunos ficaram bastante empolgados com o tamanho da estrutura e todas as etapas de geração de energia.

Figura 47: Alunos na visita técnica à CGTEE





Fonte: Acervo da autora

As discussões realizadas pelos professores durante a visita foram extremamente relevantes, principalmente na etapa do gerador elétrico, em que o professor Luiz Antônio discutiu exatamente as características que havíamos trabalhado em aula e aproveitamos para destacar pontos nos quais podíamos comparar o funcionamento dos dois geradores elétricos.

Quadro 12: Objetivo de Aprendizagem II

Objetivo de aprendizagem II				
<i>Prever o comportamento da força eletromotriz a partir da interação entre ímãs e bobinas.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais
1		X		<p>O grupo foi muito sucinto em suas respostas, somente respondendo “sim” ou “não”, sem explicações, o que dificulta a análise dos seus conhecimentos. Após realizar a verificação experimental, o grupo alterou suas respostas das questões 2 e 3, porém de forma equivocada. Podemos perceber que o grupo identificou que a variação do fluxo magnético estava relacionada com a movimentação do ímã em relação à bobina e que ao variá-la a força eletromotriz também varia, esta evidência está presente em suas respostas das questões 1 e 4, apesar da questão 4 permitir mais de uma resposta, o grupo marcou apenas uma das respostas corretas.</p> <p>Também demonstraram entendimento em relação à diferença de potencial de uma pilha através da questão 5, novamente marcaram somente uma das respostas, o que mostra que não entendem o conceito de polaridade. A partir da questão 2 percebemos que o grupo não soube interpretar a equação que representa a força eletromotriz ao responderem que a mesma independe do intervalo de tempo. E com a resposta da questão 3 mostram que não entenderam a relação entre força eletromotriz e a variação do fluxo magnético.</p>
2	X			<p>O grupo apresentou duas respostas erradas na etapa da predição, sendo as questões 1 e 4, porém após a interação com o experimento, estas respostas foram alteradas de forma correta, mostrando que o grupo percebeu que a força eletromotriz não se mantém constante quando há variação do fluxo magnético e esta resposta refletiu na questão 4 a qual inicialmente havia marcado o gráfico constante e após a observação mudaram a opção para o gráfico de uma oscilação, porém não perceberam a relação do sentido do movimento, ou seja a diferença na força eletromotriz ao aproximar ou afastar o ímã da bobina. Em relação ao intervalo de tempo gasto para deslocar o ímã, o grupo relatou que a força eletromotriz depende deste, porém justificaram “Depende, pois ocorre a variação de tempo”, sem relacionar esta característica com a velocidade de movimentação do ímã em relação à bobina. O grupo ainda demonstrou entendimento em relação à diferença de potencial gerada em uma pilha, marcando os gráficos com diferença de potencial constante e ainda destacando</p>

			que mais de um gráfico foi escolhido pois “depende se é positivo ou negativo”. Com estas respostas é possível identificar que este grupo foi capaz de perceber os diferentes comportamentos da força eletromotriz de acordo com a alteração de cada característica.
3	X		O grupo demonstrou entendimento em relação à força eletromotriz, pois a única resposta alterada depois da interação com o material foi em relação à diferença de potencial da pilha, inicialmente haviam marcado a opção dos gráficos oscilatórios e após a observação marcaram os gráficos constantes, mostrando entendimento a partir da interação com o material. As demais questões foram respondidas de forma correta, mostrando que o grupo foi capaz de compreender que a força eletromotriz está relacionada com a variação do fluxo magnético, assim quando este varia ocasiona uma variação na força eletromotriz, esta percepção pode ser observada nas respostas corretas das questões 1 e 4. O grupo também demonstrou entendimento em relação à velocidade, pois na questão 2 que se refere ao intervalo de tempo gasto para deslocar o ímã a resposta foi: “Depende sim, a amplitude varia de acordo com a velocidade.” Acreditamos que a amplitude citada pelo grupo se refere ao movimento do ponteiro do galvanômetro mostrando a força eletromotriz. O grupo ainda apontou em relação à distância entre o ímã e a bobina que a força eletromotriz induzida não seria a mesma “porque se o ímã estiver mais perto, maior será a fem.”.
4		X	O grupo somente respondeu às questões após interagir com o material, não tentando prever os comportamentos da força eletromotriz. Ao interagir com o material o grupo demonstrou entendimento em relação à força eletromotriz, a partir da questão 1 e 4 os alunos compreenderam que a força eletromotriz será variável com a movimentação do ímã em relação à bobina, sendo a resposta da questão 1: “Não (será constante), porque quando aproxima e afasta dependendo do lado do ímã diferente, eles invertem seus polos.”. Em relação ao intervalo de tempo, o grupo respondeu: “Muda, com (movimento) mais rápido a amplitude é maior, e mais lento será menor.”.
5		X	O grupo respondeu utilizando somente “sim” ou “não”, sem justificativas, o que, assim como no grupo 1, dificulta a análise dos conhecimentos. O grupo alterou as respostas das questões 1, 2 e 5 após a interação com os materiais experimentais, porém a questão 1, em relação a alteração da força eletromotriz com o movimento do ímã, não ficou clara para os alunos. Ao interagir com o material o grupo percebeu que a força eletromotriz depende do intervalo de tempo da movimentação do ímã, porém sem justificativas.

Fonte: Dados da autora

Com estas análises, percebemos a importância da interação dos alunos com os materiais experimentais, seja para mudar suas previsões em relação ao que havia compreendido inicialmente ou para reforçar sua compreensão de tal conceito. De modo geral, podemos verificar que os alunos conseguiram relacionar e identificar o comportamento da força eletromotriz em relação à variação do fluxo magnético, principalmente através das respostas das questões 1 e 4 em que os quatro primeiros grupos conseguiram perceber estas relações, seja no momento da previsão ou na interação com os materiais experimentais.

Quadro 13: Objetivo de Aprendizagem III

Objetivo de aprendizagem III				
<i>Caracterizar o funcionamento de um gerador elétrico e identificar o comportamento da força eletromotriz de acordo com a alteração da velocidade de rotação do motor; do número de espiras em uma bobina e a distância entre ímãs e bobinas.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais
1		X		<p>O grupo definiu o funcionamento do gerador elétrico destacando o movimento dos ímãs em relação às bobinas, respondendo: “O motor faz o ímã girar, e o movimento gera corrente.”. O que mostra o entendimento dos alunos em relação à necessidade de movimento dos ímãs para que haja corrente. Já em relação ao comportamento da força eletromotriz, o grupo respondeu que ao aumentar a velocidade de rotação no motor, a energia gerada iria aumentar e que se diminuirmos o número de bobinas pela metade, a corrente será reduzida. Finalizaram respondendo que a força eletromotriz gerada é uma tensão alternada, sem justificar sua resposta. Em relação à distância entre os ímãs e as bobinas o grupo não respondeu. Assim, é possível perceber que este grupo demonstrou entendimento em relação à força eletromotriz, porém todas as respostas foram diretas e sem justificativas o que dificulta uma análise mais detalhada.</p>
2		X		<p>O grupo não demonstrou através de sua resposta um entendimento em relação ao funcionamento do gerador elétrico, pois comentaram em relação à uma característica específica falada para os alunos, assim em relação ao funcionamento do gerador eles responderam: “No momento em que o motor liga, os ímãs começam a girar, porém a energia da qual o motor é ligado não é a mesma que passa para a bobina.”.</p> <p>Já sobre o comportamento da força eletromotriz em relação ao aumento da velocidade de rotação do motor o grupo respondeu: “... a velocidade aumenta a tensão também.”, embora a resposta seja de forma sucinta, ela demonstra a relação entre força eletromotriz e tensão.</p> <p>Os alunos apontaram que ao diminuir o número de espiras de uma bobina pela metade, a força eletromotriz também irá diminuir pela metade e que ao aumentar a distância entre os ímãs e as bobinas, a força eletromotriz irá diminuir. Ainda apontaram a força eletromotriz gerada como uma tensão “Alternada, porque depende da velocidade do motor.”, fazendo referência à mudança de velocidade, pois quando esta foi alterada eles perceberam diferença na medida do amperímetro.</p> <p>O grupo demonstrou melhor entendimento em relação às características da força eletromotriz do que em relação ao funcionamento do gerador elétrico especificamente.</p>
3		X		<p>Quanto ao funcionamento do gerador elétrico o grupo respondeu: “Quando o motor é ligado na tomada, ele movimenta os ímãs que, por sua vez enviam ondas magnéticas às bobinas de uma placa próxima.”, esta resposta mostra que os alunos não entendem o conceito de indução eletromagnética, ao relacionarem esta característica a um envio de ondas magnéticas. Em termos da força eletromotriz o grupo conseguiu perceber a relação direta com a velocidade de rotação do motor e com o número de espiras da bobina, assim como a relação inversa com a distância entre os ímãs e as bobinas. Ainda, responderam sobre a tensão gerada sendo: “Alternada, foi observado através de um led, que a tensão é variável, porque a relação é variável, instável.”, apesar da resposta confusa, podemos perceber que o grupo identificou a tensão como alternada devido à mudança do brilho do LED.</p>

4		X	<p>O grupo se demonstrou bastante confuso em suas respostas. Ao explicar o funcionamento do gerador elétrico, escreveram: “Foi uma maneira de se notar como podemos saber uma tensão, na forma que se ligam os ímãs.”, o que mostra não entendimento do que foi observado. Em relação à força eletromotriz, os alunos responderam em relação à energia elétrica gerada, por exemplo, ao relacioná-la com a velocidade do motor: “Gera mais energia com o aumento da velocidade” e com a redução do número de espiras: “Diminuirá o fluxo de energia, fazendo com que se perda força.”, mostrando confusão entre estes conceitos, que possuem relação, porém esta não ficou clara para os alunos. Em relação à distância entre ímãs e bobinas os alunos escreveram: “Ganharam mais tensão. Quanto mais distante da bobina seu desempenho será melhor.”, mostrando que dificuldades no entendimento destas relações. Quanto a tensão gerada, o grupo respondeu: “Alternada, porque a tensão varia na forma de quantidades de ímãs e bobinas.”. Desta forma, percebemos que este grupo não conseguiu compreender os conceitos envolvidos na força eletromotriz.</p>
5		X	<p>Quanto ao funcionamento do gerador elétrico, o grupo respondeu: “A parte dos ímãs é ligada na tomada, eles tem linhas de campo e passam energia para o led.”, com isso percebemos que o grupo não conseguiu relacionar o movimento dos ímãs com a geração de um fluxo magnético nas bobinas que então induz corrente elétrica.</p> <p>Em relação à força eletromotriz, o grupo percebeu a relação direta com a velocidade do motor e com o número de espiras da bobina, bem como a relação inversa com a distância entre os ímãs e as bobinas, porém não justificaram suas respostas. Ainda definiram a tensão gerada no gerador como alternada, porém também não justificaram suas respostas. Este grupo demonstrou entendimento quanto ao conceito de força eletromotriz, porém não nos forneceram evidências de uma aprendizagem significativa que poderia ter sido caracterizada pelas suas justificativas.</p>

Fonte: Dados da autora

Quanto à demonstração de um gerador elétrico de laboratório, podemos perceber que este auxiliou na compreensão dos alunos em relação ao conceito de força eletromotriz que os mesmos já haviam caracterizado através do experimento descrito no encontro 3 e analisado no Quadro 12. Assim, o gerador de laboratório serviu como reconciliação integradora, resolvendo inconsistências e integrando significados. A percepção dos alunos sobre o funcionamento do gerador elétrico não foi completa (apesar de todos os grupos terem destacado o movimento dos ímãs), pois não foram capazes, completamente, de relacionarem com a Lei de Faraday-Lenz.

5.1.2.3 Etapa III – Discussão Final

5.1.2.3.1 Encontro 7: Aula 13 – Questionário sobre a visita técnica

No dia 28 de setembro de 2017 os alunos deveriam finalizar o questionário sobre a realização da visita (Apêndice N), porém nenhum grupo havia respondido às questões durante a visita. Então, todas as questões foram respondidas em aula. Somente o grupo 5 não possuía representante durante a realização da visita, os demais grupos estavam representados, apesar de haver dois representantes do grupo 4, eles não responderam à este questionário. No Quadro 14 analisaremos as respostas das questões que deveriam ter sido respondidas durante a visita.

Quadro 14: Questões sobre a visita técnica

Questões	Comentários gerais
1) Quais são as principais etapas de uma usina termoeletrica?	<p>O grupo 1 não respondeu à esta questão.</p> <p>O grupo 2 escreveu; “A fase da água, resfriamento, sala do meio ambiente, turbina, painel de controle, caldeira, gerador, fase que o carvão vira cinza.”, através desta resposta podemos perceber que o grupo estava atento às etapas visitadas, inclusive a ordem que foram descritas segue a ordem da visita, assim foram capazes de identificá-las de forma correta.</p> <p>O grupo 3 estava representado durante a visita, porém nesta aula o aluno que participou, não estava presente. Assim, o grupo respondeu de acordo com o que foi estudado em aula: “Uso do carvão para aquecer a água; o vapor da água gira as turbinas; elas geram energia mecânica e depois, energia elétrica.”, como a questão pedia somente as principais etapas o grupo não às explicou.</p> <p>Como o grupo 5 não foi representado durante a visita, os alunos fizeram uma pesquisa na internet comentando as principais etapas.</p>
2) Qual é o papel do carvão na geração de energia elétrica?	<p>O grupo 1 respondeu que o carvão é responsável por “fazer vapor”, sem especificar como seria este processo.</p> <p>O grupo 2 respondeu: “alimentar a caldeira”, também sem especificar esta função.</p> <p>O grupo 3 respondeu: “Para aquecer a água e fazê-la evaporar.”, aqui podemos perceber que o grupo relacionou o papel do carvão à uma etapa específica da geração de energia.</p> <p>O grupo 5 respondeu que a queima do carvão gera uma elevada quantidade de energia, sem especificar que tipo de energia e como ela é utilizada.</p>
	Para esta questão, fizemos uma discussão com o

3) Quanto de carvão é necessário para gerar energia elétrica suficiente para alimentar uma cidade como Bagé?	grande grupo, assim os grupos responderam em torno de 120 toneladas, pois durante a visita foi nos informado que em média eram utilizados 1,2 T para a produção de 1 MW e com esta informação os alunos realizaram uma pesquisa sobre a média de consumo de energia de Bagé.
--	--

Fonte: Dados da autora

Como a maioria dos alunos não foi à viagem, pedimos para que os alunos que haviam participado contassem para os colegas como havia sido a visita. Ajudamos fazendo questionamentos para relembrarmos as etapas que havíamos visitado e o que havia lhes chamado mais atenção. Começamos a discussão e os alunos foram complementando, falando sobre os locais que visitamos e fomos reforçando o funcionamento de cada uma das etapas. Em determinados momentos fazíamos perguntas como “Quanto mesmo de carvão o professor falou que era necessário para gerar energia?”, o aluno 11 que não costuma participar, tampouco ajuda seu grupo nas atividades respondeu à questão dizendo que dependia da fase da usina, mas que eram necessárias em média 20 T por hora para a geração de 20 MW e ainda complementou a resposta dizendo que a fase C gerava 350 MW, mostrando que estava atento durante as explicações. Isso evidencia a importância de realizar atividades diferenciadas que chame atenção dos alunos, a realização da visita técnica criou condições para uma aprendizagem significativa destes alunos. Este aluno em específico não participava das atividades propostas em aula não ajudava seu grupo, não demonstrava interesse no que estava sendo desenvolvido e com a visita foi possível observar um interesse por parte dele. Em relação à visita realizada, os grupos comentaram que esta foi realizada para conhecer e saber como funcionam as etapas de geração de energia de uma usina termoelétrica. Somente os grupos 1 e 2 responderam esta questão, em vista do que já foi exposto sobre os demais grupos. Os grupos foram questionados sobre a relação existente entre a geração de energia elétrica e a Lei de Faraday-Lenz, o grupo 1 não respondeu à esta questão, o grupo 2 relacionou através do fluxo magnético, sem especificar os motivos, o grupo 3 respondeu: “A geração de energia precisa cumprir a Lei de Faraday-Lenz, pois só com a variação das linhas de campo magnético, há energia.”, podemos perceber que este grupo foi capaz de relacionar estes dois conceitos, dando a entender que a variação das linhas de campo magnético estão relacionadas com a variação do fluxo magnético e que este é responsável pela geração de energia elétrica. Apesar de não terem especificado que com esta variação haverá a indução de corrente elétrica. E o grupo 5 comentou em relação à necessidade da variação do campo magnético, sem especificar os motivos e de que forma esta variação influenciaria na geração de energia. No Quadro 15 vamos analisar as respostas dos alunos em relação à comparação

entre o gerador elétrico de laboratório estudado em sala de aula e o gerador elétrico real observado na usina termoeletrica.

Quadro 15: Objetivo de Aprendizagem IV

Objetivo de aprendizagem IV				
<i>Realizar discussões sobre as convergências e divergências entre o funcionamento de um gerador elétrico de laboratório e um gerador elétrico real.</i>				
Grupos	AC	AP	NA	Comentários gerais
1			X	O grupo não respondeu a estas questões, impedindo que possamos analisar seus entendimentos em relação às convergências e divergências entre os geradores estudados.
2		X		O grupo apontou mais divergências, apontando que “os ímãs da usina são permanentes e os experimentais não.” e “tamanho, produção de energia.”, com estas respostas podemos perceber que os grupos trouxeram como divergência uma característica particular que foi discutida durante a realização da visita, porém não comentaram qual a influência desta diferença no funcionamento dos geradores, ainda falaram sobre proporções dos geradores que era evidente. Apesar de não terem discutido de forma teórica estas comparações os alunos demonstraram certa compreensão quanto ao funcionamento de um gerador elétrico.
3		X		Como convergência, o grupo apontou a transformação da energia mecânica em energia elétrica que foi observada nos dois geradores elétricos, como divergências, o grupo respondeu: “O gerador da usina utiliza o vapor da água para gerar energia. E o em sala utiliza energia elétrica para gerar mais energia.”. Este grupo respondeu com base na usina termoeletrica que foi estudada em sala de aula, eles destacaram o processo de transformação de energia, demonstrando entendimento deste processo. Assim como o grupo 2, este grupo não discutiu fisicamente estas relações.
4			X	O grupo teve representante durante a visita, porém foram os dois alunos que demonstraram desinteresse durante o desenvolvimento do Episódio II. Este grupo não respondeu ao questionário, impedindo que façamos uma análise de seus conhecimentos.
5			X	O grupo 5 não participou da visita e então deixou em branco estas questões sobre a comparação dos dois tipos de gerador. Apesar de que, poderiam ter respondido com base no que foi discutido em aula, assim como fez o grupo 3.

Fonte: Dados da autora

Com estas análises podemos perceber que vários fatores influenciaram no desenvolvimento deste Episódio de Modelagem sobre geradores elétricos, como a paralisação da escola durante o desenvolvimento das atividades e o imprevisto do tempo que reduziu o número de alunos na participação da visita técnica que fazia parte da etapa da investigação. Além destes ocorridos, podemos destacar a importância da utilização experimental em sala de aula, mesmo os grupos desinteressados, nos momentos de experimentação estiveram ativos, podemos ainda comparar a experimentação com a demonstração experimental, os grupos responderam aos questionários das duas atividades, porém demonstraram maior interesse na

atividade em que eles se envolvem mais. É importante destacar que este episódio foi desenvolvido de forma qualitativa, o que influenciou nas avaliações devido às respostas mais diretas, as quais os alunos estão mais habituados.

5.1.3 Análise dos Objetivos de Aprendizagem

Nas seções 5.1.1 e 5.1.2, descrevemos os processos e discutimos os resultados em detalhes e a cada objetivo atribuímos uma categoria do nível de aprendizagem dos grupos. Nesta seção, a partir dessas categorias, analisaremos os indícios de aprendizagem significativa de cada grupo ao longo da realização das atividades desenvolvidas nos dois Episódios de Modelagem.

É importante destacar aqui que para o desenvolvimento do Episódio I a turma foi dividida em seis grupos, já para o desenvolvimento do Episódio II reduzimos o número de grupos para cinco, devido ao número de *kits* disponíveis dos materiais que utilizamos na atividade experimental. Os integrantes dos grupos permaneceram os mesmos, somente o grupo 6 se redistribuiu nos demais grupos.

A partir do Quadro 16, podemos perceber que as categorias atingidas são coerentes com as características descritas sobre os grupos nas seções 5.1.1 e 5.1.2. O grupo 3 foi o que demonstrou mais evidências de aprendizagem significativa visto que atingiu completamente 5 dos 8 objetivos analisados e atingiu parcialmente os demais 3. Com isso, temos indícios de que os materiais disponibilizados fizeram sentido para estes alunos e que eles estiveram envolvidos no desenvolvimento dos episódios. Já o grupo 4 foi o que demonstrou maior dificuldade em desenvolver as atividades, sendo que não atingiu 4 dos 8 objetivos. As avaliações negativas deste grupo se deram ao fato deles terem deixado em branco as questões dos três questionários sobre o Episódio II, mostrando que estes materiais não tiveram significado para estes alunos e/ou não foram capazes de despertar o interesse dos mesmos. Os grupos 1 e 2 atingiram completamente 4 dos 8 objetivos, mostrando engajamento no desenvolvimento das atividades e atingiram parcialmente 3 dos 8 objetivos. Nesses grupos identificamos dificuldades para apresentarem respostas de forma qualitativa. Já o grupo 5 atingiu parcialmente 5 dos 8 objetivos, tendo poucas evidências de aprendizagem significativa.

Em relação à frequência de alcance dos objetivos, podemos perceber que no Episódio de Modelagem I os objetivos de aprendizagem que se referem a procedimentos experimentais (I; III e IV) obtiveram um número significativo de grupos capazes de atingi-los completamente. Para o Episódio de Modelagem II, não tivemos as mesmas características, já que, para os objetivos II e III, que se referem aos procedimentos experimentais, os grupos atingiram parcialmente, sendo 3 dos 5 grupos para o objetivo II e 4 dos 5 grupos para o objetivo III. Os demais objetivos II e V do Episódio sobre pêndulo e I e IV do Episódio de geração de energia que se referem a reflexões e discussões sobre convergências e divergências entre resultados teóricos e experimentais, obtiveram uma distribuição quase que uniforme, pois somando a ocorrência das categorias encontramos 7 de 22 possibilidades que atingiram completamente, 7 de 22 que atingiram parcialmente e 8 de 22 que não atingiram. Mostrando assim, mais uma vez, a dificuldade dos alunos em desenvolver objetivos que necessitam de reflexões e discussões.

Concluída a análise dos grupos, temos indícios de que três grupos (1, 2 e 3) apresentaram evidências de aprendizagem significativa ao longo dos episódios, apesar dos grupos 1 e 2 terem demonstrado dificuldades para responder questões qualitativas sobre os processos de geração de energia. O grupo 5 atingiu predominantemente os objetivos de forma parcial, ao desenvolverem as atividades trabalharam com o intuito de concluí-las e em várias situações não apresentaram evidências de terem entendido o significado do que estava sendo proposto. Já o grupo 4, não concluiu todas as atividades que não envolviam recursos experimentais, mas quando ocorreram atividades de coleta e análise experimentais o grupo demonstrou maior interesse. Diante disso, apontamos que dos cinco grupos três apresentaram evidências de aprendizagem significativa; um grupo precisava ser estimulado para o desenvolvimento das atividades, entregando respostas com alguns indícios de aprendizagem significativa; e apenas um grupo não concluiu todas as atividades e as que concluíram foram de forma muito sucinta, apesar de ter demonstrado interesse na atividade experimental que utilizamos o Arduino e na visita técnica.

Quadro 16: Análise dos objetivos de aprendizagem dos Episódios I e II

	Grupos	1			2			3			4			5			6			Frequência das categorias por objetivo		
	Objetivos	AC	AP	NA	AC	AP	NA															
Episódio de Modelagem I	I	X			X			X				X		X			X			5/6	1/6	0/6
	II		X				X		X				X			X			X	0/6	2/6	4/6
	III e IV	X			X			X			X				X			X		4/6	2/6	0/6
	V	X				X		X			X			X					X	4/6	1/6	1/6
Episódio de Modelagem II	I	X			X			X					X		X		-	-	-	3/5	1/5	1/5
	II		X		X			X				X			X		-	-	-	2/5	3/5	0/5
	III		X			X			X				X		X		-	-	-	0/5	4/5	1/5
	IV			X		X			X				X		X		-	-	-	0/5	3/5	2/5
Frequência das categorias por grupo		4/8	3/8	1/8	4/8	3/8	1/8	5/8	3/8	0/8	2/8	2/8	4/8	2/8	5/8	1/8	1/4	1/4	2/4			

Fonte: Dados da Autora

A partir destas constatações, temos indícios de que, dos cinco grupos, houve quatro que demonstraram evidências de aprendizagem significativa. Em relação às condições para ocorrência da aprendizagem significativa, consideramos que, quando as atividades envolviam coleta de dados, todos os grupos manifestaram predisposição para aprender e se empenharam em apresentar respostas com significância, ou seja, articulando seus conhecimentos com os conteúdos presentes nos episódios. Assim, consideramos que as duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, predisposição e material potencialmente significativo, foram satisfeitas, apesar de alguns grupos não terem atingido essas duas condições em todas as etapas dos episódios, principalmente nos momentos das discussões finais.

5.1.4 Encerramento dos Episódios de Modelagem

5.1.4.1 Encontro 8: Aula 14 – Questionário sobre o desenvolvimento dos Episódios I e II

No dia 29 de setembro de 2017 aplicamos um questionário (Apêndice O) sobre o desenvolvimento das aulas realizadas durante os dois Episódios de Modelagem propostos. O questionário foi aplicado com o uso do *software TurningPoint*, que utiliza a tecnologia de *clickers* para coletar as respostas dos alunos. Este questionário é composto de 15 afirmativas, com o objetivo de avaliar três categorias de desenvolvimento das atividades, sendo elas: as atividades em geral; as atividades experimentais e a relação entre teoria e experimento. Para cada afirmativa os alunos tinham que escolher (clicar), de forma individual, uma resposta de acordo com a escala de concordância: concordo completamente (CC); concordo (C); indeciso (I); discordo (D); discordo completamente (DC). Após os alunos responderem todas as questões discutimos algumas questões principais sendo elas: 1.1; 1.3; 2.1; 2.2; 2.5 e 3.1-3.5, estas escolhas foram feitas devido ao tempo de aula, visto que este questionário foi realizado no último período da manhã. Todos os 27 alunos que participaram do Episódio de Modelagem II estavam presente em aula.

Quadro 17: Questionário final sobre o desenvolvimento das aulas

Afirmativas	Análise das respostas		Comentários gerais	
1.1 As atividades de geração de energia foram mais interessantes do que as atividades sobre pêndulo simples.	Concordo completamente	50%	13	Aqui podemos perceber que 20 alunos preferiram as atividades sobre geração de energia elétrica, quando questionados o motivo desta resposta, os alunos citaram a
	Concordo	27%	7	
	Indeciso	4%	1	
	Discordo	19%	5	

	<p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>0%</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>26</td> </tr> </table>	0%	0	100%	26	<p>realização da visita técnica, mesmo apenas 12 alunos terem participado e também citaram que na atividade do pêndulo tiveram que realizar muitos cálculos.</p>								
0%	0														
100%	26														
<p>1.2 As atividades de pêndulo simples foram mais interessantes do que as atividades sobre geração de energia.</p>	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>41%</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>30%</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	7%	2	11%	3	11%	3	41%	11	30%	8	100%	27	<p>Confirmando a resposta anterior, 19 alunos discordaram que as atividades sobre pêndulo simples foram mais interessantes.</p>
7%	2														
11%	3														
11%	3														
41%	11														
30%	8														
100%	27														
<p>1.3 Estive estimulado para realizar as atividades propostas.</p>	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>33%</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>30%</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	7%	2	33%	9	15%	4	30%	8	15%	4	100%	27	<p>11 alunos concordaram que estavam estimulados; 4 alunos se mostraram indecisos e 12 alunos discordaram que estavam estimulados para a realização das atividades. Ao serem questionados sobre suas escolhas, os alunos comentaram em relação ao envolvimento que era necessário, pois em todas as aulas eles tinham atividades para realizar. Esta característica foi apontada pelos alunos em geral, tanto os que concordaram quanto os que discordaram com a afirmativa.</p>
7%	2														
33%	9														
15%	4														
30%	8														
15%	4														
100%	27														
<p>1.4 Ambas as atividades foram interessantes.</p>	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>38%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>26</td> </tr> </table>	38%	10	50%	13	4%	1	4%	1	4%	1	100%	26	<p>23 alunos concordaram que as atividades sobre pêndulo e geração de energia foram interessantes. Podemos ver também que estas atividades não atingiram dois alunos, já que discordaram com a afirmativa. E um aluno ficou indeciso quanto à afirmativa.</p>
38%	10														
50%	13														
4%	1														
4%	1														
4%	1														
100%	26														
<p>1.5 Gosto de participar das discussões realizadas durante as aulas.</p>	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>22%</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>37%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>19%</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	22%	6	37%	10	7%	2	19%	5	15%	4	100%	27	<p>Aqui, 16 alunos concordaram que gostam de participar das discussões em aula, porém durante as aulas quando eles eram questionados um número pequeno de alunos participava realmente das discussões. Já 9 alunos demonstraram que não gostam das discussões.</p>
22%	6														
37%	10														
7%	2														
19%	5														
15%	4														
100%	27														
<p>2.1 As aulas utilizando atividades experimentais são cansativas.</p>	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p>	<table border="1"> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>3</td> </tr> </table>	15%	4	4%	1	11%	3	<p>Nesta questão 19 alunos discordaram que as aulas experimentais são cansativas. Quando questionados sobre</p>						
15%	4														
4%	1														
11%	3														

	<p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>63%</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	7%	2	63%	17	100%	27	<p>esta resposta citaram que era algo diferente do que estão habituados a fazer, justificando ainda que conseguem entender melhor o conteúdo quando interagem com o experimento. Porém ainda temos 5 alunos que acham as atividades experimentais cansativas.</p>						
7%	2														
63%	17														
100%	27														
2.2 As atividades propostas foram as primeiras atividades experimentais, em que realizei a coleta e a análise de dados experimentais.	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>22%</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>44%</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	22%	6	44%	12	15%	4	15%	4	4%	1	100%	27	<p>Aqui 18 alunos concordaram que foi a primeira vez que haviam realizado atividade experimental usando aparatos, tendo que coletar dados e analisá-los. Já 5 alunos discordaram, evidenciando que já participaram de alguma atividade experimental.</p>
22%	6														
44%	12														
15%	4														
15%	4														
4%	1														
100%	27														
2.3 Eu gostaria de realizar mais experimentos nas aulas de física.	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>56%</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	56%	15	15%	4	11%	3	4%	1	15%	4	100%	27	<p>Com esta questão podemos perceber que 19 alunos gostariam que mais atividades experimentais fossem realizadas nas aulas de física. É importante lembrar que estes alunos são do 3º ano do ensino médio e até este momento, 18 alunos afirmaram que não haviam interagido com atividades experimentais.</p>
56%	15														
15%	4														
11%	3														
4%	1														
15%	4														
100%	27														
2.4 Eu prefiro assistir uma demonstração experimental em comparação a realizar um experimento com coleta e análise de dados.	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>26%</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>48%</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	4%	1	7%	2	15%	4	26%	7	48%	13	100%	27	<p>Aqui 20 alunos mostraram que preferem interagir com o experimento a somente observar um fenômeno ocorrer. Porém, 4 alunos ficaram indecisos sobre sua preferência.</p>
4%	1														
7%	2														
15%	4														
26%	7														
48%	13														
100%	27														
2.5 Um aparato experimental é uma representação parcial de uma situação real.	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p> <p>Discordo completamente</p> <p>Total</p>	<table border="1"> <tr> <td>33%</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>37%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>19%</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>27</td> </tr> </table>	33%	9	37%	10	19%	5	7%	2	4%	1	100%	27	<p>Aqui, 19 alunos concordaram que um aparato experimental é uma representação parcial de uma situação real, citando que era uma representação, pois não era igual ao real. 5 alunos se mostraram indecisos.</p>
33%	9														
37%	10														
19%	5														
7%	2														
4%	1														
100%	27														
3.1 Para realizar uma atividade experimental não é necessário ter um modelo teórico.	<p>Concordo completamente</p> <p>Concordo</p> <p>Indeciso</p> <p>Discordo</p>	<table border="1"> <tr> <td>4%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>26%</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>7%</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>26%</td> <td>7</td> </tr> </table>	4%	1	26%	7	7%	2	26%	7	<p>Nesta afirmação, 17 alunos discordaram que não é necessário um modelo teórico, argumentando que sem o modelo teórico não teria como realizar o experimento, pois não saberíamos manipulá-lo.</p>				
4%	1														
26%	7														
7%	2														
26%	7														

	Discordo completamente	37%	10	
	Total	100%	27	
3.2 Um dado teórico sempre será igual ao um dado experimental, por exemplo: o período teórico de um pêndulo será igual ao período medido experimentalmente.	Concordo completamente	4%	1	Nesta afirmação, 16 alunos discordaram, comentando que sempre tinha alguma diferença devido a presença do ar. Aqui podemos ver que 9 alunos se mostraram indecisos quanto a este questionamento.
	Concordo	0%	0	
	Indeciso	35%	9	
	Discordo	19%	5	
	Discordo completamente	42%	11	
	Total	100%	26	
3.3 As diferenças entre um dado teórico e um dado experimental podem ocorrer devido ao domínio de validade do modelo teórico.	Concordo completamente	27%	7	Nesta questão 14 alunos concordaram com a afirmação e 8 alunos ficaram indecisos. Podemos perceber que esta questão do domínio de validade não ficou clara para os alunos. Isso pode ser observado pelos 8 alunos que ficaram indecisos. Quando questionados os alunos não souberam justificar, assim nós discutimos sobre este conceito.
	Concordo	27%	7	
	Indeciso	31%	8	
	Discordo	4%	1	
	Discordo completamente	12%	3	
	Total	100%	26	
3.4 As diferenças entre um dado teórico e um dado experimental podem ocorrer devido a procedimentos experimentais equivocados.	Concordo completamente	30%	8	Quanto a esta afirmação 16 alunos concordaram que a diferença entre os resultados pode ocorrer devido a procedimentos equivocados, citando a forma de lançamento do pêndulo, ou o deixar bater na mesa, como tais. Ainda assim, 5 alunos ficaram indecisos e 6 discordaram.
	Concordo	30%	8	
	Indeciso	19%	5	
	Discordo	7%	2	
	Discordo completamente	15%	4	
	Total	100%	27	
3.5 Os resultados de um experimento devem ser iguais aos resultados previstos teoricamente.	Concordo completamente	4%	1	12 alunos discordaram que os resultados experimentais devem ser iguais aos teóricos, 7 ficaram indecisos e 8 concordaram que os resultados devem ser iguais. Esta afirmação já havia sido apresentada aos alunos, porém de outra forma, na questão 3.2, podemos perceber que no geral a resposta se manteve, porém houve um aumento de alunos que concordaram, sendo que na questão 3.2 apenas 1 aluno concordou e nesta 8 alunos concordaram, em contra partida antes 9 alunos havia ficado indecisos e nesta 7 ficaram indecisos.
	Concordo	26%	7	
	Indeciso	26%	7	
	Discordo	15%	4	
	Discordo completamente	30%	8	
	Total	100%	27	

Com estes resultados podemos identificar que o desenvolvimento de atividades diferenciadas chama atenção de grande parte dos alunos, sempre havendo etapas mais interessantes para uns do que para outros. É a partir da interação dos alunos durante o desenvolvimento das atividades que podemos definir a melhor maneira de conduzir tais propostas, em relação às discussões em aula se percebeu dificuldade por parte dos alunos, pois não estão habituados a realizar este tipo de atividade, porém como observado nos resultados, 16 alunos concordaram que gostam de participar das discussões em aula. Os alunos se demonstraram interessados nas aulas experimentais, até mesmo os alunos que estavam inicialmente desinteressados tiveram momentos de participação. Este resultado se confirmou nas questões da segunda categoria, sobre atividades experimentais, nas quais podemos identificar respostas positivas quanto ao desenvolvimento experimental. Quanto a realizar relações entre teoria e experimento, podemos perceber nas questões 3.1, 3.2 e 3.5 para as quais esperávamos que os alunos discordassem, encontramos das 80 respostas dadas nestas três questões 45 respostas entre discordo e discordo completamente, o que mostra evidências que os alunos foram capazes de compreender a importância do modelo teórico para um desenvolvimento experimental, bem como as relações existentes entre dados teóricos e experimentais. Nas questões 3.3 e 3.4 esperávamos que prevalecessem respostas concordando com tais afirmativas e das 53 respostas entre estas duas questões, 30 estavam entre concordo e concordo plenamente, indicando entendimento em relação ao domínio de validade de um modelo teórico e as causas das diferenças entre dados teóricos e experimentais. Nesta categoria sobre teoria e experimento foi a que se obteve maior índice de respostas indecisas, uma média de 6,2 respostas, em comparação com as categorias sobre atividades em geral, para as quais se teve uma média de 2,2 respostas indecisas, e para as questões sobre as atividades experimentais se teve uma média de 3,8 respostas indecisas. Com a realização do questionário sobre as aulas, podemos identificar o início de algumas relações entre teoria e experimento. Assim, demonstrando que a utilização dos Episódios de Modelagem como uma metodologia de ensino para alunos do Ensino Médio traz melhorias no desenvolvimento dos seus conhecimentos em relação ao conteúdo estudado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levar uma nova visão de ciência para alunos do Ensino Médio constitui um desafio, com esta intenção adaptamos uma metodologia utilizada no Ensino Superior para o Ensino Básico. Para isso passamos por processos de desenvolvimento de materiais e ferramentas que pudessem ser utilizadas em uma escola de Ensino Médio e que fosse acessível ao nível de conhecimento dos alunos. Ao longo da aplicação das atividades, também tivemos oportunidade de readaptar os materiais de forma que fizesse cada vez mais sentido ao maior número de alunos possíveis. O desenvolvimento das atividades foi progressivo de forma que uma complementasse a outra, e juntas compuseram as três etapas de cada um dos Episódios de Modelagem.

Para o desenvolvimento do Episódio I, sobre pêndulos, usamos como base o episódio de Heidemann (2015), proposto para o Ensino Superior, e tivemos o objetivo de oportunizar aos alunos contato com os processos de uma atividade experimental, tais como: manipulação do aparato experimental, coleta e análise de dados. Assim, propomos desde a etapa de discussão inicial uma prática, para que os alunos pudessem reconhecer esses processos. Nesse episódio tínhamos como objetivo introduzir a Modelagem Científica para os alunos do Ensino Médio, que pouco ou nunca haviam realizado este tipo de atividade. Por isso, os orientamos ao longo de todos os processos de forma que as atividades fizessem sentido aos alunos. Como podemos ver nos resultados, houve um número significativo de objetivos alcançados completamente, mostrando que os alunos estiveram, na maior parte, predispostos em participar das atividades propostas e interagiram de forma satisfatória com os materiais produzidos.

Com o Episódio II, procuramos reforçar a importância de refletir sobre o conteúdo estudado, por isso as atividades desenvolvidas foram predominantemente qualitativas. Tínhamos como objetivo incentivar os alunos a refletir mais, realizarem relações com o que já haviam estudado e esperávamos respostas com discussões mais elaboradas. No entanto foi neste aspecto que percebemos grandes dificuldades dos alunos. Como se pode perceber no Quadro 16, tivemos menores índices de objetivos atingidos completamente, porém os dados do Quadro 17 mostram que esta atividade chamou mais a atenção dos alunos pelo fato do tema ser mais presente no cotidiano deles.

De forma geral, os alunos demonstraram maior predisposição em participar e aprender na etapa de investigação dos episódios, evidenciando que eles têm interesse em realizar atividades diferenciadas. As etapas das discussões iniciais e finais, não despertaram tanto interesse nos alunos, pois se mostraram mais passivos, participavam quando eram feitas perguntas que os direcionassem para as questões propostas. Com base na questão de pesquisa: “Como a Modelagem Científica pode propiciar melhores condições para a ocorrência da aprendizagem significativa durante a realização de atividades experimentais na Educação Básica?” podemos evidenciar, a partir da pesquisa relatada, que o uso da Modelagem Científica confirma a importância de iniciar o conteúdo a ser estudado a partir de um questionamento que envolva situações presentes na vida dos alunos, para que desta forma ele tenha como relacionar os novos conceitos com os conhecimentos que já possuem. As etapas predefinidas pela modelagem nos permitem organizar o desenvolvimento das aulas de modo a construir materiais potencialmente significativos. É importante ressaltar as características que observamos na etapa da investigação dos dois Episódios de Modelagem, seções 5.1.1.2 e 5.1.2.2 respectivamente, que deixaram clara a importância de envolver os alunos no seu processo de aprendizagem. Nesta etapa, inicialmente, tivemos alunos que se mostraram resistentes em participar das atividades, mas ao utilizar certas ferramentas, como foi o caso da plataforma Arduino, tivemos a participação da totalidade dos alunos. Estes indícios mostram que o uso dos Episódios de Modelagem desperta a predisposição dos alunos em aprender e a participar.

Quanto à Modelagem Científica percebemos no Quadro 17, a partir das questões finais realizadas, indícios de que alguns alunos conseguiram compreender as relações entre teoria e experimento, como por exemplo, na questão sobre a importância de haver um modelo teórico para a realização de um experimento, ou ainda, nas questões que comparavam os resultados teóricos e experimentais. A maior parte dos alunos demonstrou entendimento ao fazer estas relações que apareceram ao longo do desenvolvimento dos dois episódios.

Finalizamos esta dissertação apontando como perspectivas futuras a implementação de novos Episódios de Modelagem no Ensino Básico, que tenham como objetivo instigar os alunos a ser mais reflexivos e críticos em relação aos conceitos que estão sendo estudados, de modo que criem o hábito de se preparar para realizar discussões em sala de aula. Esta dissertação gerou um produto educacional que se constitui de um material de apoio para que docentes da área de Física possam desenvolver os Episódios de Modelagem aqui descritos. Este produto educacional é composto pelos materiais utilizados em cada etapa do episódio,

sendo *slides* das discussões inicial e final, guias e questionários disponibilizados para os alunos ao longo do desenvolvimento das atividades.

7 REFERÊNCIAS

AMORIM, H. S.; DIAS, M. A.; SOARES, V. **Sensores digitais de temperatura com tecnologia *one-wire*: um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Dez. 2015, v.37, n.4, p.4310-1-4310-9. ISSN 1806-1117.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ago. 2013, v. 30, p. 362-384.

BARBOSA, A. C. C.; CARVALHAES, C. G.; COSTA, M. V. T. **A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Jun. 2006, v.28, n.2, p.249-254. ISSN 1806-1117.

BARROS, V. P. **Osciladores forçados: harmônico e paramétrico**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2007, v.29, n.4, p.549-554. ISSN 1806-1117.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 803-815, dez. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BRANDÃO, R. V. **Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de física do ensino médio**. 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **A modelagem científica vista como um campo conceitual**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 507-545, 2011.

CARVALHAES, C. G.; SUPPES, P. **O cálculo de alta precisão do período do pêndulo simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Jun. 2009, v.31, n.2, p.2701.1-2701.6. ISSN 1806-1117.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. **Física com Arduino para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Dez. 2011, v.33, n.4, p.4503-4503. ISSN 1806-1117.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. **A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, 2002.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. **A coerência e complementaridade entre a teoria da aprendizagem significativa crítica e a epistemologia de Paul Feyerabend**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3, p. 61, 2015.

DE CUDMANI, L. C.; PESA, M. A. **La evolución de los significados de los conceptos**

científicos en relación con la estructura cognitiva de los Estudiantes. *Ciência & Educação*, v. 14, n. 3, p. 365-80, 2008.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. A. **Michael faraday: o caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética.** *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral.** 2010. 367 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DWORAKOWSKI, L. A., HARTMANN, A. M., KAKUNO, E. M., DORNELES, P. F. T. **Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Set 2016, v.38, n.3. ISSN 1806-1117

FIGUEIRA, J. S. **Ressonância em bússolas acopladas.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Mar. 2015, v.37, n.1, p.1302. ISSN 1806-1117

GOBARA, S. T.; SILVA, E. W. F. M. **SOUNDGATE: um dispositivo sonoro para medir períodos.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, ago. 2009, v. 26, n. 2, p. 379-393. ISSN 2175-7941.

HAAG, R., ARAUJO, I. S., & VEIT, E. A. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física?** *Física na escola*. v. 6, n. 1, p. 69-74, 2005.

HEIDEMANN, L. A. **Ressignificação das atividades experimentais no ensino de Física por meio do enfoque no processo de modelagem científica.** 2015. 298 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a resignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física.** *Revista brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 38, n. 1 (jan./mar. 2016), 1504, 15 p., 2016.

_____. **Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 3-32, 2016.

_____. **Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no Ensino de Física.** *Caderno brasileiro de ensino de física*. Florianópolis. v. 29, p. 965-1007, 2012.

MACHADO, J.; SOUZA, S. M. S. C. **Conhecimento, realidade e ensino de Física: modelização em uma inspiração bungeana.** *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 887-902, 2011.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. In: MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. p. 13-43.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos**. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

SANTOS, A. A. M., AMORIM, H. S., DERECHYNSKI, C. P. **Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2017, v.39, n.1. ISSN 1806-1117.

SCHWARZ, C. V.; REISER, B. J.; DAVIS, E. A.; KENYON, L.; ACHÉR, A.; FORTUS, D.; SCHWARTZ, Y.; HUG, B.; KRAJCIK, J. **Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners**. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 6, p. 632-654, 2009.

SOUZA, A.R.; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H. S. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Mar. 2011, v.33, n.1, p.01-05. ISSN 1806-1117.

SOUZA, J. M.; SALGADO, R. P. **Medição de temperatura: O saber comum ignorado nas aulas experimentais**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Jun. 2015, v.37, n.2, p.2507-1-2507-5. ISSN 1806-1117.

SOUZA, M. G.; CICOONA, T. R.; CHIQUITO, A. J. **Excitação dos modos normais de um sistema usando um motor desbalanceado**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2007, v.29, n.1, p.5-10. ISSN 1806-1117.

SUAVE, R. N.; NOGUEIRA, J. A. **Uma discussão sobre as aproximações na determinação do período máximo de um pêndulo simples**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Jun. 2016, v.38, n.2. ISSN 1806-1117.

VILAR, A. B.; JESUS, V. L. B.; MATOS, R. G.; MARQUES, L. C. O.; ZUIM, F.A.; PEÑA, N.; CREDIDIO, B. C.; CORRÊA, L. P. N. R. M. S.; FRANÇA, L. G. S.; CUNHA, M. V.; SOUSA, M. C.; VIEIRA, J. P. B. C; MIRANDA, J. G. V. **Instrumento livre para medidas de movimento**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Set. 2013, v.35, n.3, p.1-5. ISSN 1806-1117.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T. C. **A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o Ensino de Ciências**. *Ciência & educação*, v. 10, n. 3, p. 585-596, 2004.

APÊNDICE A – Apresentação Inicial Episódio de Modelagem I

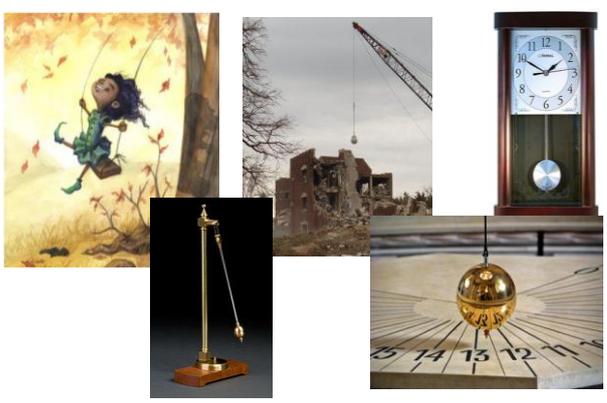



Episódio de Modelagem "Pêndulos"

Discussão Inicial

Profª: Camila Collares
Turma: 131

Pêndulos



Pêndulos: no mundo, no laboratório e na mente

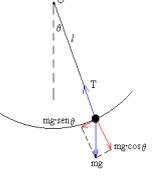
Criança em um balanço



Bola suspensa em um fio

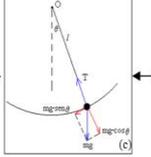


Pêndulo Simples



Pêndulos: no mundo, no laboratório e na mente





Período de oscilação

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

- Podemos entender melhor o movimento realizado por uma criança no balanço (a) quando observarmos o comportamento de um pequeno corpo oscilando suspenso por um fio leve e pouco elástico (b).
- Podemos chamar este pequeno corpo oscilando de pêndulo, o movimento deste corpo pode ser explicado através do conceito de pêndulo simples (c). Podendo ainda ser analisado de forma matemática (d).

Oscilação

- É um movimento periódico entre dois pontos. Dedilhar as cordas de um violão, balançar um pêndulo, saltar em um pula-pula — são todos exemplos de movimento de oscilação.




- Exemplo:
- No relógio, quantas voltas faz o ponteiro dos minutos em uma hora?



- A cada 1 hora o ponteiro dos minutos faz 1 volta.

$$\frac{1 \text{ volta}}{1 \text{ hora}}$$

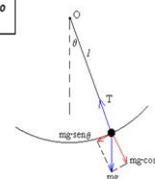
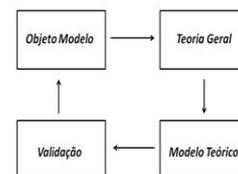
- Quantas voltas faz o ponteiro das horas do relógio em 1 dia?

$$\frac{2 \text{ voltas}}{1 \text{ dia}}$$

Frequência (f) e Período (T):

- Frequência (f): é o número de eventos (voltas,vai-e-vem) por unidade de tempo.
- Período (T): é o tempo gasto para efetuar um ciclo/volta completa do movimento.

$$\frac{n^{\circ} \text{ de eventos}}{\text{tempo}} = \frac{1}{T} = f$$

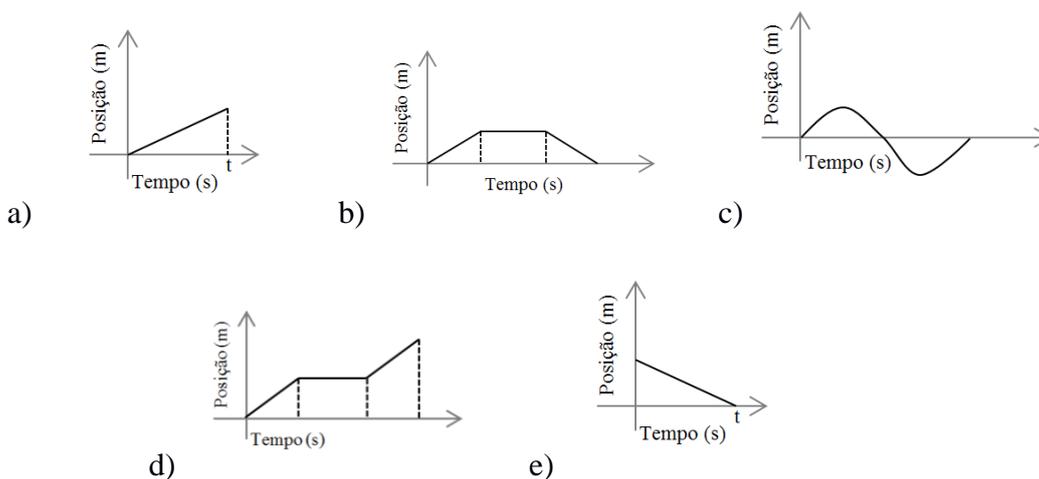


APÊNDICE B – Questionário Inicial Episódio de Modelagem I

Questionário Inicial

Nome: _____

- 1) Você vai da sua casa até a escola caminhando com uma velocidade constante de $v = 3,6 \text{ km/h}$. Você leva o tempo de 0,25 horas para chegar, fica no colégio por 4 horas e volta para casa caminhando por mais 0,25 horas. Qual dos gráficos abaixo melhor representa esta situação? Justifique sua escolha.



- 2) Observe a demonstração do movimento de um pêndulo. Dos gráficos apresentados na questão anterior, qual deles melhor representa o movimento do pêndulo? Justifique sua escolha.

- 3) Os gráficos que você escolheu são diferentes? Caso sejam, no que eles se diferenciam?

- 4) As figuras abaixo representam as posições instantâneas do movimento de um pêndulo. A partir dos dados fornecidos, monte uma tabela e em seguida esboce o gráfico que representa este movimento.



Fonte: Autora

O seu esboço foi próximo da opção escolhida na questão 2?

- 5) Você conhece alguma função matemática capaz de representar a situação do movimento do pêndulo?

APÊNDICE C – Guia Experimental Inicial Episódio de Modelagem I

Pêndulo

Nomes: _____

Data: _____

Como vimos **período** é o tempo que um corpo leva para realizar uma oscilação completa.

Agora que você já sabe o que é período, vamos praticar:

- Como você faria para medir, sem o uso de equipamentos de laboratório, o período de um corpo que está oscilando?

- Depois que você escolheu a forma para coletar dados, determine o período de um pêndulo de laboratório, a partir dos materiais disponibilizados (cordão, chumbadas, esferas de isopor e bases de apoio);
- Faça medidas para diferentes amplitudes e comprimento e anote seus dados na tabela abaixo.

θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações	θ (Amplitude)	L (m)	t (s)	Nº de oscilações
15°				35°			
		$t_{\text{médio}} =$				$t_{\text{médio}} =$	
		$t_{\text{médio}} =$				$t_{\text{médio}} =$	

25°			45°		
		t _{médio} =			t _{médio} =
		t _{médio} =		t _{médio} (s)=	

- Para cada medida que vocês fizeram, calcule os períodos teóricos e experimentais e preencha a tabela abaixo.

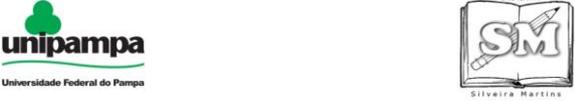
θ (Amplitude)	L (m)	T _{Teórico} $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	T _{Experimental} $T = \frac{t}{N}$	T _{Teórico} - T _{Experimental}	Percentual da diferença (%) $[\frac{(T_{Teórico} - T_{Experimental}) \times 100}{T_{Teórico}}]$
15°					
25°					
35°					
45°					

Análise experimental

Discutam sobre as diferenças entre o período encontrado pelo modelo de pêndulo simples (teoria) e os valores dos períodos experimentais encontrados. Por que vocês acham que houve diferenças entre os valores?

Finalmente, compartilhe com a turma seus resultados e compare se foram encontrados resultados semelhantes.

APÊNDICE D – Discussão Conceitual Episódio de Modelagem I



unipampa
Universidade Federal do Pampa

E.E.E.M.
SM
SILVEIRA MARTINS

Episódio de Modelagem “Pêndulos”

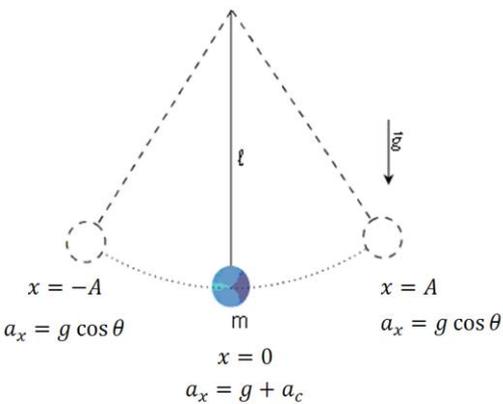
Discussão Conceitual

Função do MHS

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

- onde $\omega t + \varphi$ é denominado argumento da função seno: ω é a frequência angular e φ a fase inicial (fase em $t = 0$).

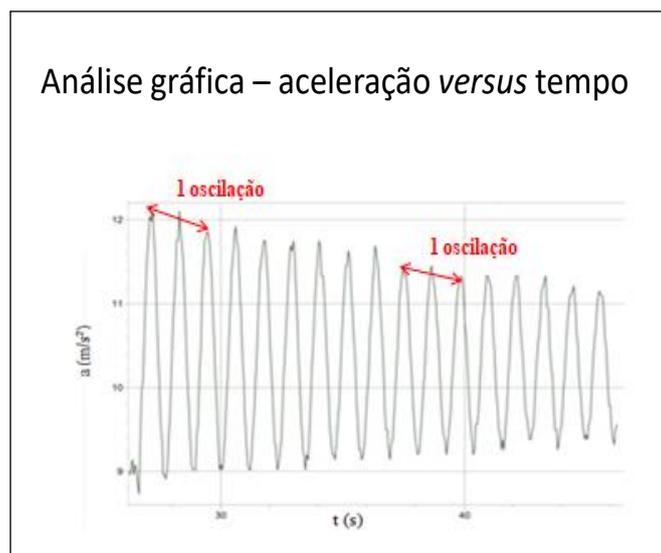
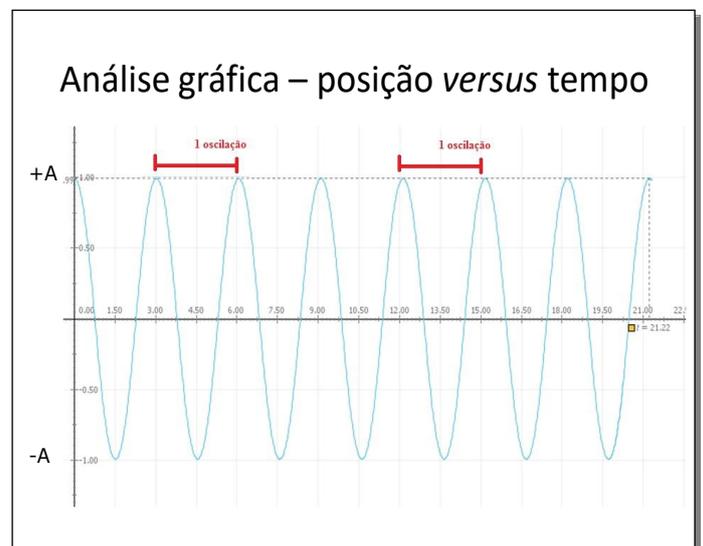
Função do MHS



$x = -A$
 $a_x = g \cos \theta$

$x = 0$
 $a_x = g + a_c$

$x = A$
 $a_x = g \cos \theta$



APÊNDICE E – Questões Norteadoras Episódio de Modelagem I

Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos

Caro (a) aluno (a), as seguintes questões dirigirão o seu trabalho durante os Episódios de Modelagem. Reflita sobre as respostas dessas questões enquanto realiza sua investigação.

Como você já viu, o movimento do pêndulo possui algumas características, que podem ser calculadas através de expressões matemáticas e ainda este movimento pode estar presente em várias situações do seu cotidiano. Mas será que se você montar seu próprio pêndulo e analisar seu movimento terá os mesmos resultados descritos pelas equações matemáticas? Faça esse teste e compare a teoria e a prática, descrevendo se há diferenças. Abaixo, algumas questões que irão auxiliar durante sua investigação experimental.

Objetivo da Investigação

- 1) Por que você está fazendo este experimento?
- 2) Você precisará saber e coletar dados de quais grandezas?

Modelagem do Evento Investigado

- 3) Mostre as equações da teoria Física que estudamos que serão importantes para seu experimento.

Planejamento do Experimento

- 4) Que instrumentos de medida você vai utilizar para medir as grandezas físicas?
- 5) Quais parâmetros serão controlados (constantes) no seu experimento?
- 6) Explique o experimento que você realizará destacando o aparato experimental que será utilizado e os principais cuidados que serão tomados no seu desenvolvimento.
- 7) Como será realizada a análise dos dados coletados no seu experimento?

Obs: Após ter respondido essas sete primeiras questões, apresente suas respostas à professora. Somente prossiga na sua investigação quando seu planejamento for aprovado!

Execução do Experimento

- 8) Prepare o aparato experimental que você vai utilizar e teste-o. Ele realmente é adequado para o desenvolvimento da sua investigação?
- 9) Execute o experimento que você planejou.

Análise dos dados coletados

- 10) Insira os dados coletados experimentalmente na tabela 1 do guia da atividade.
- 11) Existiram diferenças entre os dados que foram medidos experimentalmente e os cálculos da teoria adotada? Se sim, por quê?

Conclusões

- 12) O que você concluiu do seu experimento? Avalie o modelo teórico de referência do seu experimento baseado nos seus resultados experimentais. No que influenciou as mudanças que você realizou durante a experimentação, em relação ao período de oscilação do pêndulo?
- 13) Mostre seus resultados para a professora, em seguida organize-os na cartolina para apresentar para os demais grupos.
- 14) Os dados encontrados pelo seu grupo estão de acordo com os dados do grupo que alterou os mesmos parâmetros?

APÊNDICE F – Guia Experimental I Episódio de Modelagem I

Guia Experimental

Episódio de Modelagem 1

PÊNDULOS

O que a medida de um intervalo do tempo e uma criança em um balanço tem em comum? Tal pergunta que pode parecer um tanto sem sentido em um primeiro momento, tem resposta: esses processos podem ser realizados com o uso de pêndulos específicos!

As oscilações de um pêndulo ocorrem praticamente ao mesmo tempo ou em intervalos de tempos iguais, para pequenas amplitudes. Assim este instrumento se torna interessante para fazer medidas de intervalo de tempo.

Você sabia:

A história diz que, comparando as oscilações do grande candelabro de bronze do domo da catedral de Pisa com os seus batimentos cardíacos, Galileu concluiu que os movimentos de vaivém do candelabro eram regulares. Neste episódio, Galileu comparou os períodos (tempos) de oscilação dos dois eventos. Nos dias de hoje, o mesmo princípio da regularidade de certos fenômenos físicos é utilizado para medir a passagem do tempo. Por exemplo, nos relógios digitais populares se usa comumente a frequência natural de oscilação de um cristal de quartzo (215 Hz), que garante um desvio de menos de meio segundo por dia.



Figura 1: Galileu Galilei na Catedral de Pisa.

A importância dos pêndulos fez com que os cientistas procurassem construir representações que descrevessem seus comportamentos. Essas representações podem ser muito complicadas, relacionando muitas grandezas em complexos modelos matemáticos. Talvez o mais simples desses modelos seja o modelo de pêndulo simples. Por exemplo, para entender melhor o movimento realizado por uma criança em um balanço podemos considerar algumas simplificações, como relacioná-lo ao comportamento de um pequeno corpo suspenso por um fio leve e pouco elástico. Este pequeno corpo oscilante pode ser chamado de pêndulo, o movimento deste corpo pode ser explicado através do modelo de pêndulo simples, podendo ainda ser analisado de forma matemática. A figura 2 nos mostra um exemplo desta simplificação.

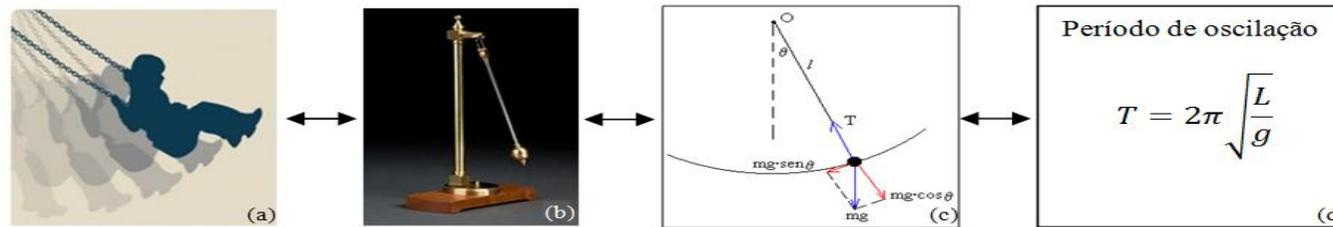


Figura 2: (a) criança em um balanço; (b) pequeno corpo suspenso por um fio leve e pouco elástico (pêndulo); (c) modelo de pêndulo simples; (d) modelo matemático para o período de um pêndulo simples.

Episódio de Modelagem

No modelo de pêndulo simples, assim como em qualquer modelo científico, são consideradas diversas simplificações da realidade. Desta forma podemos nos perguntar:

- Até que ponto as dimensões do corpo suspenso em um pêndulo real pode ser desprezível de modo que podemos usar o modelo de pêndulo simples para representá-lo?
- Até que ponto a amplitude de um pêndulo real é pequena?
- Até que ponto a força de atrito com o ar influencia no período de um pêndulo real?
- Quando podemos dizer que a massa do fio de sustentação é desprezível?

Nesta tarefa verificaremos a validade do modelo de pêndulo simples. Para isso, precisaremos explorar as diferenças entre o período obtido a partir do modelo de pêndulo simples (teoria) e o período de pêndulos reais (experimento).

Três experimentos distintos serão desenvolvidos nessa investigação. São eles:

Experimento 1

Avalie o quanto a amplitude de oscilação de um pêndulo real influencia no seu período. Para isso, construa um pêndulo e meça o seu período diversas vezes utilizando amplitudes iniciais diferentes em cada uma das medidas.

Experimento 2

Avalie a influência do comprimento do fio de sustentação sobre o período de pêndulos reais comparando a previsão teórica com os dados experimentais. Para isso, meça o período de um pêndulo diversas vezes utilizando comprimentos do fio de sustentação distintos em cada uma das medidas.

Experimento 3

Avalie a influência da massa do corpo suspenso sobre o período de pêndulos reais. Para isso, meça o período de um pêndulo diversas vezes utilizando corpos suspensos com distintas massas, estas podem ser modificadas colocando-se pesos no interior da esfera de isopor.

Preencha a tabela 1 com os seus dados de acordo com o número do seu grupo.

Análise experimental

Avalie as diferenças entre o período encontrado pelo modelo de pêndulo simples e o medido com pêndulos. As *Questões Norteadoras para o Desenvolvimento de Experimentos* guiarão o seu trabalho nessa investigação. Reflita sobre cada uma delas durante o seu trabalho!

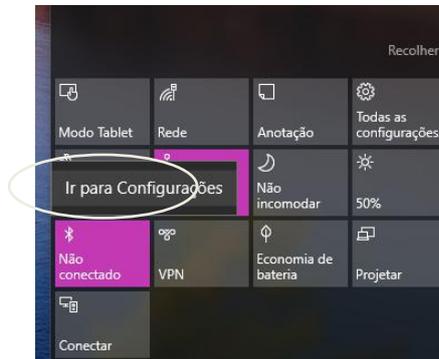
APÊNDICE G – Passo a passo utilização Placa Arduino

Passo a passo para uso da plataforma microcontrolada Arduino integrada com um Sensor Acelerômetro e um Módulo Bluetooth HC-05

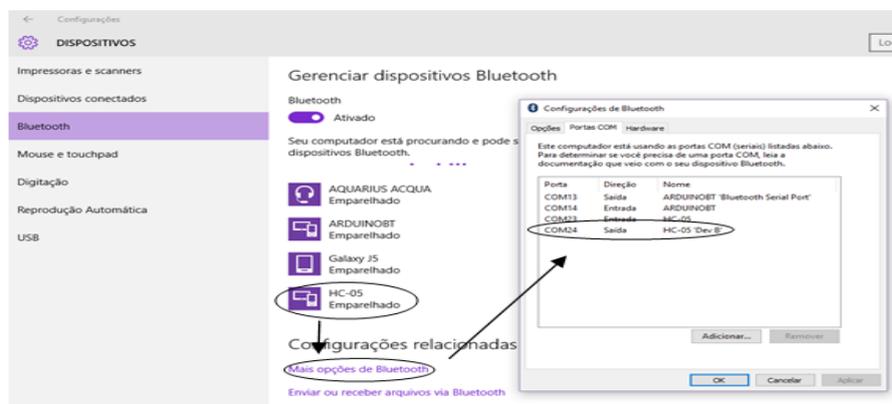


Para coletar dados a partir da placa microcontrolada Arduino, será necessário seguir alguns passos antes de começar o movimento. São eles:

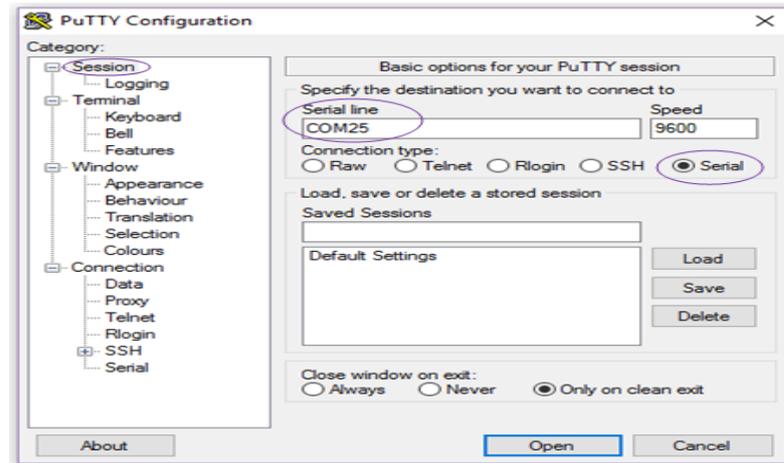
1. Ative o *Bluetooth* do computador, e clique com o botão direito sobre o ícone. Vá para as configurações, como mostra a figura abaixo.



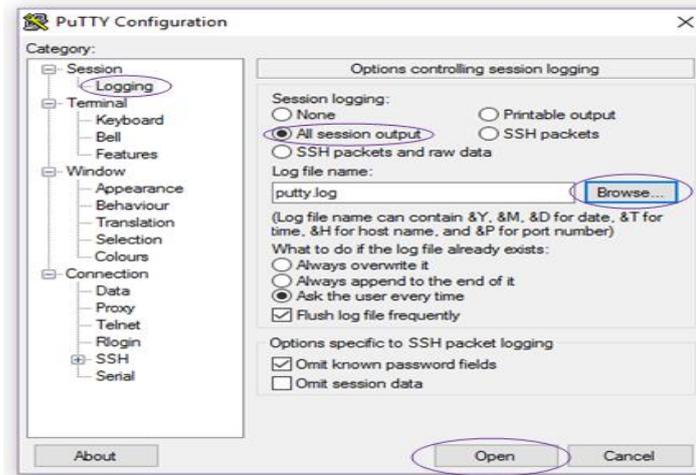
2. A seguinte janela irá abrir. Navegue em “Mais opções de *Bluetooth*” e anote o número da porta serial COM de saída na qual está o módulo;



3. Agora será necessário abrir o *software* “PuTTY”.
4. Para informar ao programa a porta que o *Bluetooth* está, vá em “**Session**”, clique em “**Serial**” e em “**Serial line**” escreva a porta serial onde está seu Bluetooth.



5. Para que os dados enviados pelo módulo sejam salvos no computador, clique na aba “**Logging**”, em seguida marque a opção “**All session output**”, clique em “**Browse**”, informe ao programa um local e nomeie o arquivo. Em seguida, clique em “**Open**”.



6. Pronto, o monitor serial irá abrir e seus dados irão aparecer. A partir de agora comece a realizar os movimentos com seu pêndulo.

```

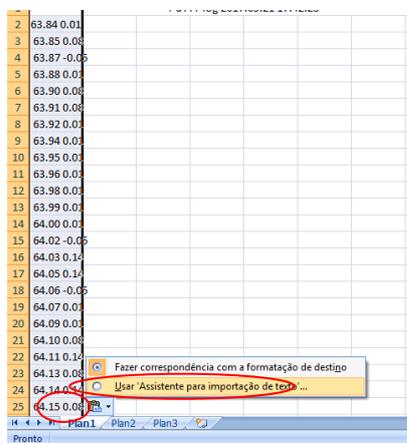
COM25 - PuTTY
10.10  9  107  94  G+10
11.10  9  107  94  G+10
12.11  13  88  77  G+10
13.11  13  88  77  G+10
14.12  13  88  90  G+10
15.13  14  88  88  G+10
16.13  16  75  88  G+10
17.14  17  94  94  G+10
18.14  19  94  94  G+10
19.15  26  77  94  G+10
20.16  33  94  94  G+10
21.16  33  94  94  G+10
22.17  27  76  94  G+10
23.18  19  95  95  G+10
24.18  17  95  94  G+10
25.19  28  75  94  G+10
26.19  19  94  94  G+10
27.20  17  95  94  G+10
28.21  7  94  94  G+10
29.21  16  96  94  G+10
30.22  10  94  94  G+10
31.23  19  93  93  G+10
32.23  19  93  93  G+10
33.24  18  93  93  G+10
34.25  18  93  93  G+10
35.25  10  93  93  G+10
36.26  10  93  93  G+10
37.26  10  94  77  G+10
38.27  27  94  94  G+10
39.28  10  93  93  G+10
40.28  9  93  93  G+10
41.29  9  93  93  G+10
42.29  10  93  93  G+10
43.30  9  93  93  G+10
44.31  9  94  94  G+10
45.31  24  94  94  G+10
46.32  19  94  94  G+10
47.33  10  93  93  G+10
48.33  19  93  93  G+10
49.34  19  93  93  G+10
50.34  21  93  93  G+10
51.35  17  93  93  G+10
52.36  18  84  94  G+10
  
```

ATENÇÃO:

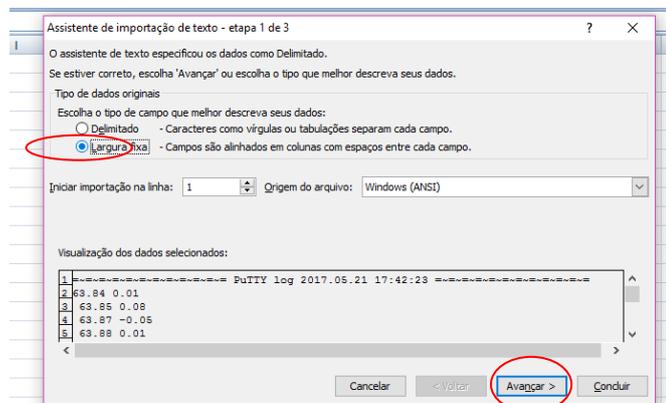
Para cada medida que será realizada, vocês precisarão fazer estes passos para que seus dados sejam salvos.

Agora que seus dados já foram coletados, vá até o arquivo salvo e abra-o. Ele estará em formato bloco de notas.

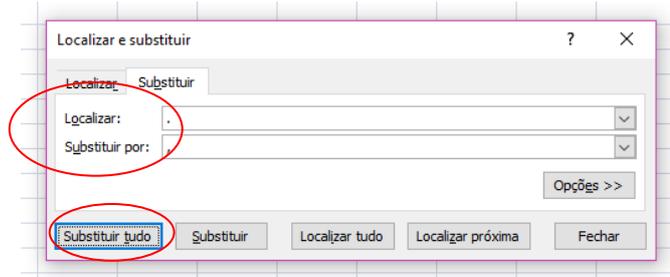
7. Abra o arquivo;
8. Selecione todos seus dados (Ctrl +a);
9. Copie (Ctrl + c);
10. Abra a planilha Excel;
11. Cole seus dados (Ctrl + v);
12. Vá em “**opções de colagem**” e clique em “**Usar ‘Assistente para importação de texto’**”, como mostra a figura abaixo;



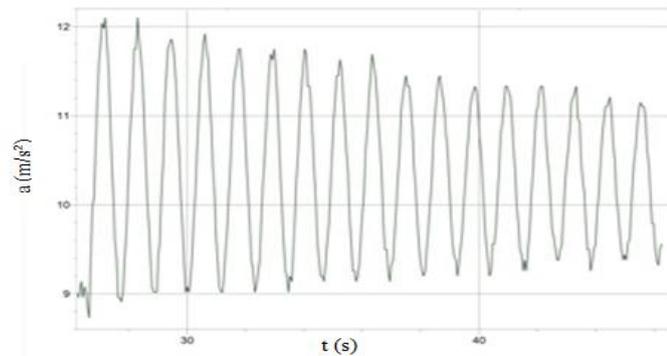
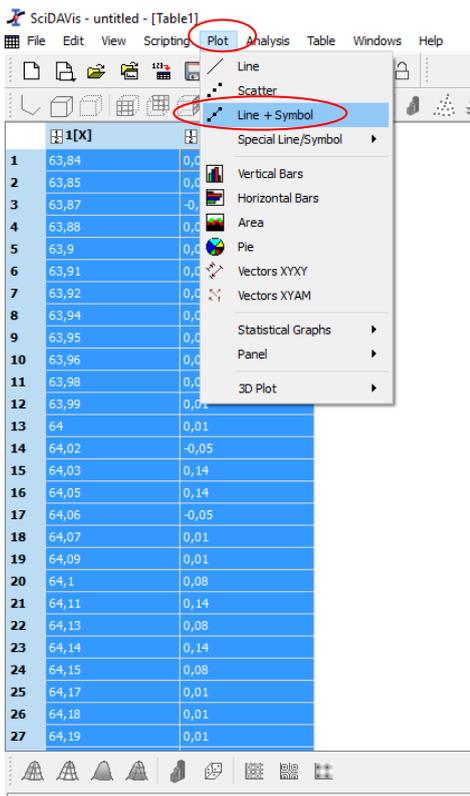
13. A janela abaixo irá abrir. Clique em “**Largura fixa**”, em seguida em “**Concluir**”;



14. Agora, com as duas colunas selecionadas, acione o comando “Ctrl + u”, a janela abaixo irá abrir;



15. Em “Localizar:” digite “.” E em “Substituir por:” digite “,”; em seguida clique em “Substituir tudo”;
16. Agora, abra o *software SciDavis* e cole as duas colunas dos seus dados;
17. Selecione as duas colunas e clique em “Plot” e em “Line + Symbol”. Seu gráfico será criado, conforme a figura abaixo.



APÊNDICE H – Passo a passo utilização Software Tracker



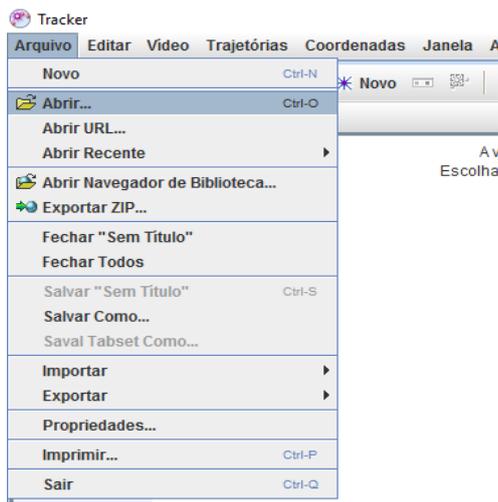
Dicas de como fazer um bom vídeo:

Para que seus dados tenham melhor precisão, vocês precisarão garantir que a filmagem do movimento que será analisado seja adequada. Para isso, posicione a câmera de forma que ela fique paralela ao seu aparato experimental. Escolha uma posição onde a luz não atrapalhe seu vídeo. Tenha uma medida de referência para informar ao *software*.

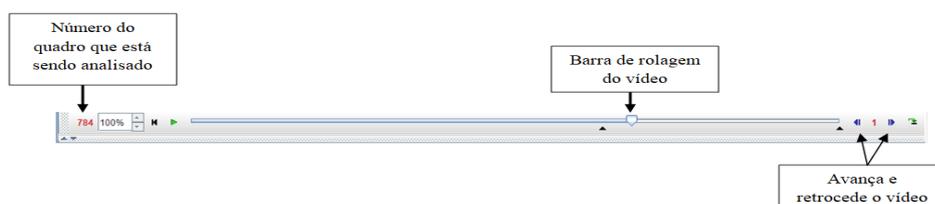
Depois de filmar o movimento do seu pêndulo, passe o vídeo para o computador.

Agora, será necessário realizar alguns passos para coletar seus dados utilizando a vídeo análise. Vamos começar!

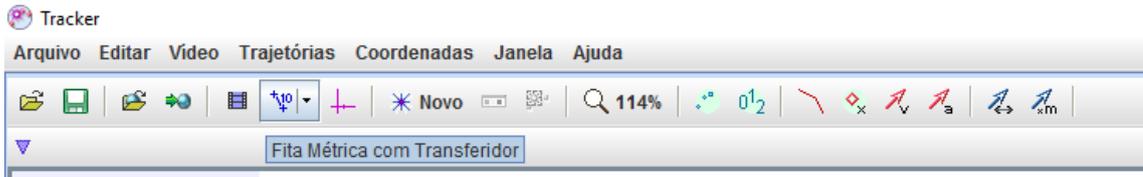
1. Inicie o programa.
2. Para carregar seu vídeo, clique na aba “**Arquivo**”, em seguida clique em “**Abrir**”, como mostra a figura abaixo. Busque o vídeo nos seus arquivos.



3. Na barra abaixo do vídeo é possível adiantar ou voltar os quadros do seu vídeo, assim como determinar em qual quadro irá começar a análise.



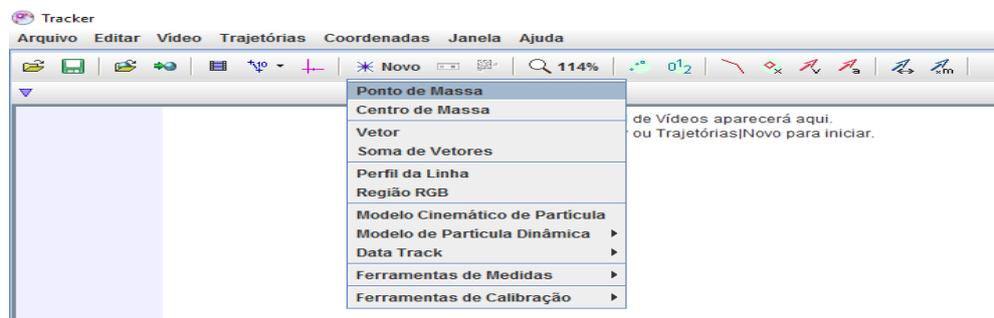
4. Agora vocês precisarão informar ao *software* a medida de referência. Clique na janela “**Fita métrica com transferidor**”, como mostra a figura abaixo.



5. Em seguida defina os eixos coordenados clicando na janela “**Mostrar ou ocultar os eixos de coordenadas**”.

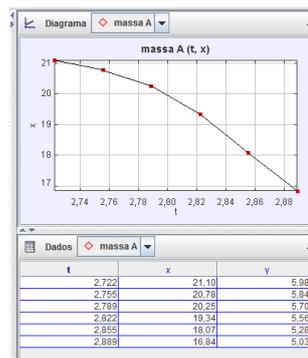


6. Clique na janela “**Novo**” e selecione “**Ponto de Massa**”, para informar ao *software* seu objeto.



7. Para marcar os pontos mantenha a tecla *Shift* do seu teclado acionada, clique sobre o objeto que você quer estudar com o botão esquerdo do *mouse*. Automaticamente o *software* passará para o próximo quadro do vídeo. Repita o processo até o último *frame*.

8. Seu gráfico será criado no canto direito da tela.



APÊNDICE I – Questionário Inicial Episódio de Modelagem II

Questionário Inicial – Geração de Energia Elétrica

Nome: _____ Data: _____

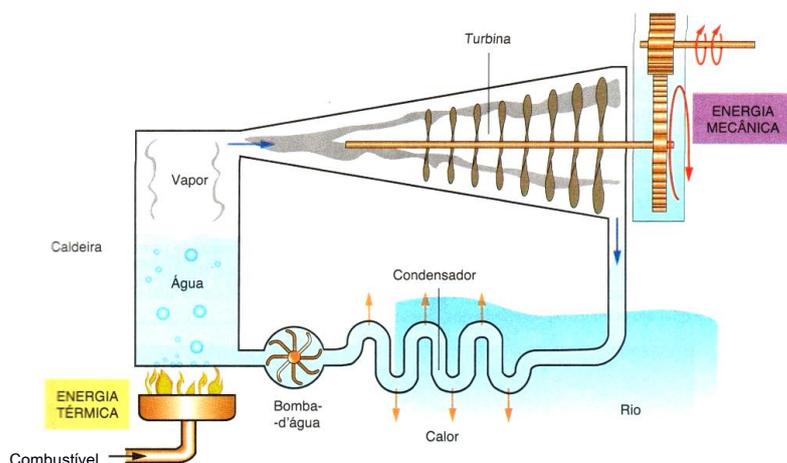
- 1) Quais os tipos de usina de geração de energia elétrica que você conhece? Dê exemplos.

- 2) Você sabia que próximo à sua cidade há uma usina de geração de energia elétrica? Se sim, você sabe qual o tipo de geração que ela realiza?

- 3) Você identifica conteúdos que já estudou em Física que estão relacionados com a geração de energia elétrica? Cite-os.

- 4) Que tipo de usina está representada na figura abaixo?

Figura 1: Representação de uma usina



Fonte: Coleção Quanta Física (2010)

- Com base na figura acima, desenhe uma representação de uma usina hidrelétrica.
- Escreva quais as diferenças e semelhanças entre elas.

APÊNDICE J – Discussão Inicial Episódio de Modelagem II



Episódio de Modelagem
“Geração de energia elétrica”

Discussão Inicial

Profª: Camila Collares
Turma: 131

Você sabe o que é energia?



Energia

- É uma grandeza física escalar;
- Pode ser transformada de uma forma para outra;
- Pode ser transferida de um corpo para outro;
- É conservada.

3

Quais os tipos de energia?

Tipos de Energia

- Energia Mecânica



Energia cinética: movimento.

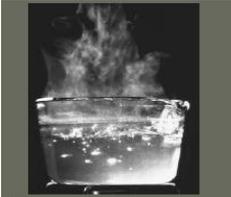
Energia potencial gravitacional: altura.

Energia potencial elástica: estiramento.

5

Tipos de Energia

- Energia Térmica



Água fervente: alto grau de agitação molecular



Painéis fotovoltaicos: transforma energia térmica em energia elétrica

6

Tipos de Energia

- Energia Elétrica



Linhas de transmissão de corrente elétrica de alta tensão: energia elétrica para a sociedade.



Relâmpagos: fonte de energia elétrica ainda não aproveitável.

7

Você consegue imaginar sua vida sem energia elétrica ?



Você sabe de onde vem a energia elétrica até a sua casa?

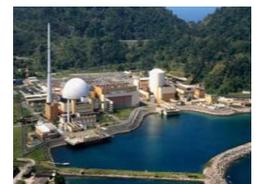


Você sabe como a energia elétrica pode ser gerada?



Hidrelétrica é responsável por 70% de toda a capacidade instalada no Brasil.

Você sabe como a energia elétrica pode ser gerada?



Termoelétrica é responsável por 29,5% de toda a capacidade Instalada no Brasil. Sendo:

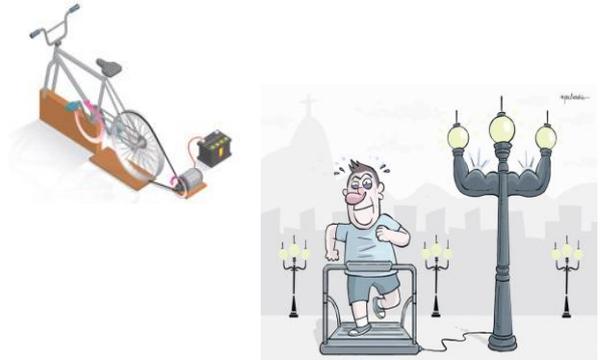
Gás: 11,1%
 Biomassa: 8,3%
 Óleo diesel: 6,3%
 Carvão mineral: 2,2%
 Nuclear: 1,6%

Você sabe como a energia elétrica pode ser gerada?

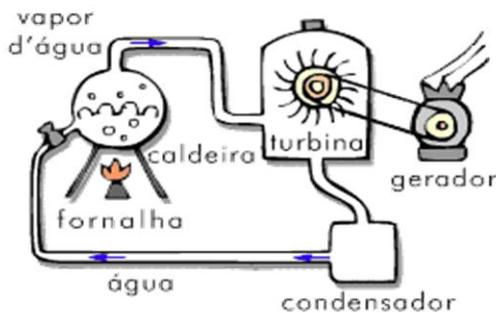


Eólica é responsável por 1,7% de toda a capacidade instalada no Brasil.

Seria possível gerar energia elétrica pedalando ou correndo?

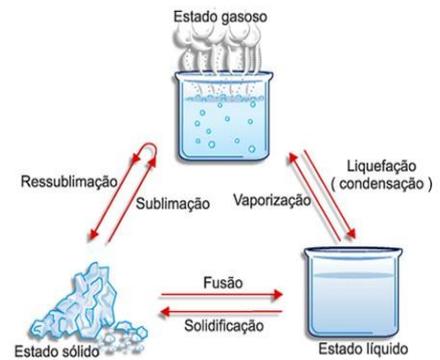


Vamos analisar uma usina termelétrica

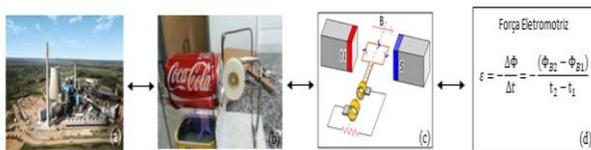


Esquema de geração de energia elétrica numa usina termelétrica

Estado da Matéria

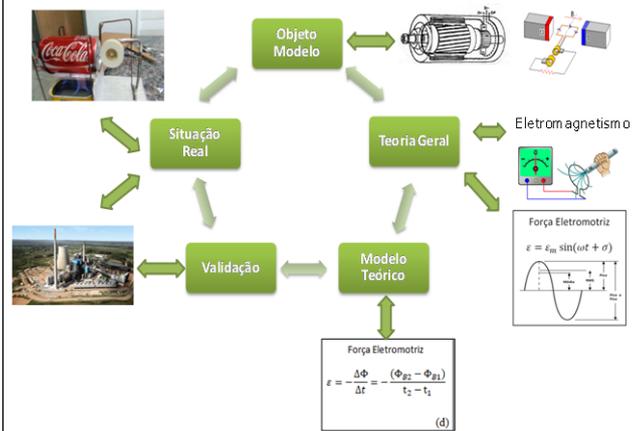


Geração de energia elétrica



- Podemos entender melhor a geração de energia elétrica em uma usina termoelétrica (a) explorando uma simplificação de uma usina termoelétrica (b).
- O funcionamento desta representação de uma usina, pode ser explicada através do conceito de gerador elétrico (c). Podendo ainda ser analisado de forma matemática (d).

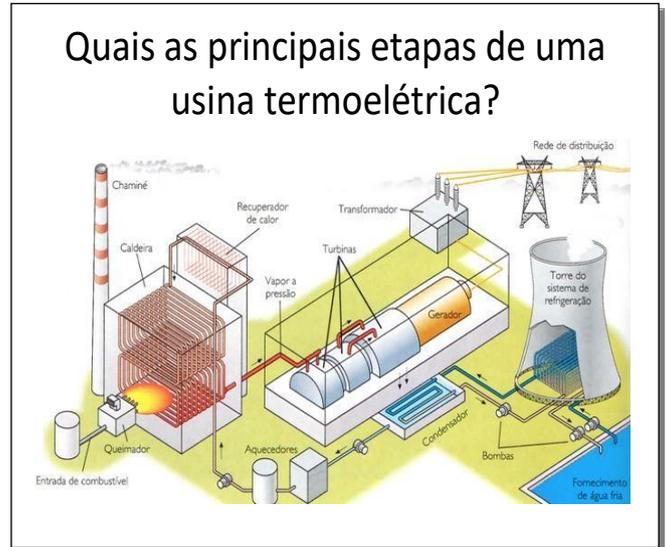
Episódio de Modelagem



APÊNDICE K – Discussão conceitual Episódio de Modelagem II

**Episódio de Modelagem
“Geração de Energia Elétrica”**

Discussão Conceitual



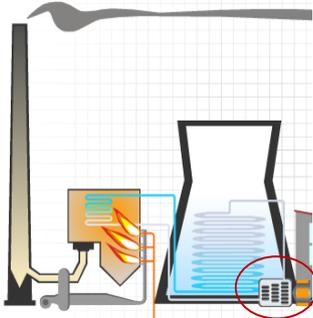
1- Entrada de combustível

- O carvão é moído;
- O combustível é aquecido para ser injetado nos queimadores.

2- Entrada de ar, câmara de combustão e chaminé

- A entrada de ar é necessária para que ocorra o processo de combustão;
- O calor gerado na câmara de combustão é utilizado para aquecer a água da caldeira, gerando vapor;
- A fumaça da queima do combustível é descarregada através da chaminé.

3- Turbina e Gerador



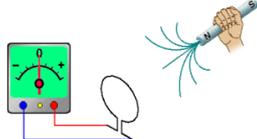
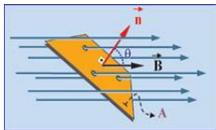
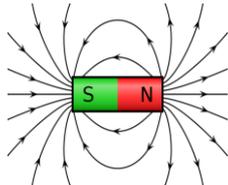
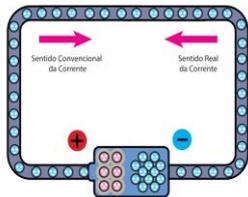
- O vapor produzido na caldeira é conduzido através de tubos para a turbina;
- Assim, a energia térmica do vapor é transformado em energia mecânica do movimento das pás da turbina.
- Esta energia mecânica aciona o gerador elétrico, que converte a energia mecânica em elétrica.

3- Turbina e Gerador

- Esta energia mecânica aciona o gerador elétrico, que converte a energia mecânica em elétrica.
- Como ocorre essa conversão???



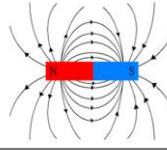
Antes, alguns conceitos importantes!!



Campo

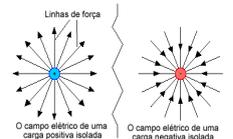
Campo Magnético

Um ímã é capaz de atrair corpos a grandes distâncias. Ímãs são porções de matéria com um campo magnético associado. Todo ímã modifica o espaço à sua volta pela presença do seu campo magnético.



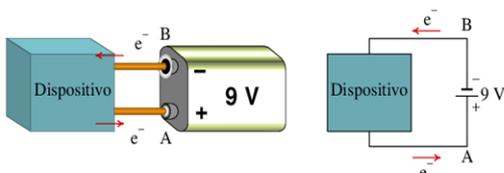
Campo Elétrico

Uma carga elétrica imersa no campo elétrico gerado por outra de sinal oposto é atraída em sua direção. Essa força vem da interação do campo elétrico com a segunda carga.



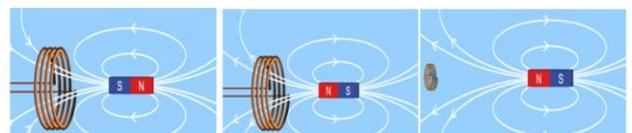
Força Eletromotriz

- É o trabalho (energia) realizado pelo gerador (bateria) para transportar carga do seu polo negativo para o seu polo positivo.



Fluxo magnético

- Qualitativamente podemos dizer que o fluxo magnético que atravessa uma superfície fechada é proporcional ao **número de linhas de campo magnético que atravessam tal superfície**, mas precisamos definir um sentido de orientação. Tradicionalmente se adota Φ_B **positivo** quando as linhas atravessam a superfície da **esquerda para a direita**, nas situações em que o ímã se encontra a direita da espira.

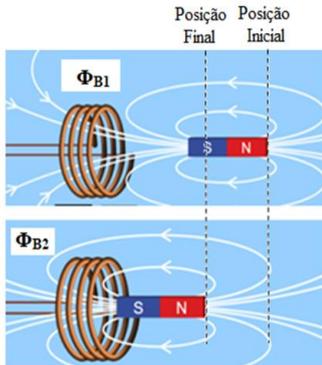


$\Phi_B > 0$

$\Phi_B < 0$

$\Phi_B = 0$

Fluxo magnético



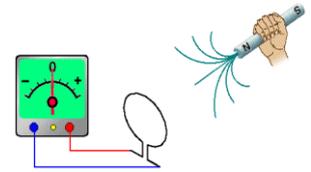
Neste caso, se observa que ao aproximar o ímã da bobina, o número de linhas que a atravessam aumenta. Logo:

$$\Phi_{B2} - \Phi_{B1} > 0, \text{ pois } \Phi_{B1} < \Phi_{B2}.$$

Indução eletromagnética

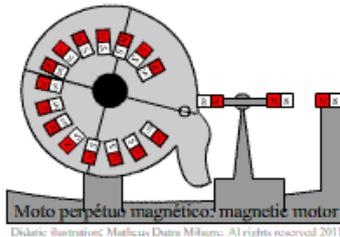
- É o fenômeno no qual um campo magnético variável produz em um circuito elétrico uma corrente elétrica chamada de corrente elétrica induzida.

Simulador



Motor “perpétuo”

- Diversos cientistas já tentaram construir uma máquina capaz de se movimentar constantemente, ou seja, que nunca pare de funcionar, que fique em eterno movimento.



•É impossível obter este tipo de movimento!!

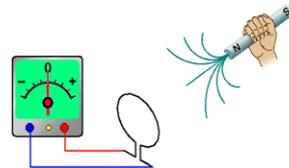
•Viola a Lei da conservação de energia!

•Viola a Lei de Faraday-Lenz!

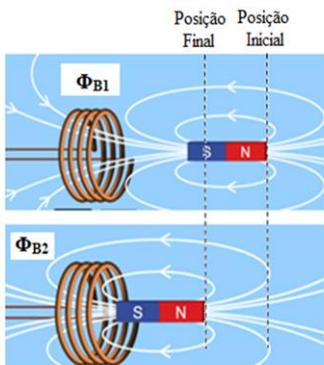
Lei de Faraday-Lenz

- O enunciado desta lei diz que a variação do Fluxo Magnético (Φ_B) pela função do tempo (Δt) gera uma força eletromotriz induzida (ϵ), com sentido contrário à variação do fluxo (Equação 1).

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad \text{Equação 1}$$



Fluxo magnético

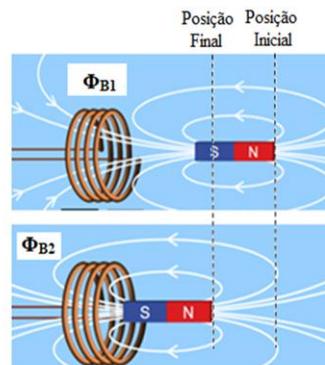


Neste caso, se observa que ao aproximar o ímã da bobina, o número de linhas que a atravessam aumenta. Logo:

$$\Phi_{B2} - \Phi_{B1} > 0, \text{ pois } \Phi_{B1} < \Phi_{B2}.$$

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = - \frac{(\Phi_{B2} - \Phi_{B1})}{\Delta t} < 0$$

Fluxo magnético



•Conhecendo o sinal da variação do fluxo magnético, podemos prever o sinal da força eletromotriz induzida.

$$\epsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = - \frac{(\Phi_{B2} - \Phi_{B1})}{\Delta t} < 0$$

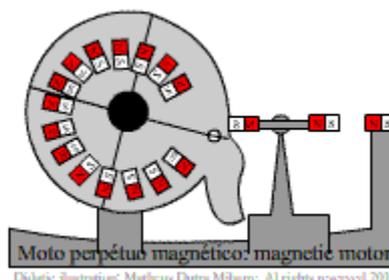
APÊNDICE L – Guia Experimental Episódio de Modelagem II

Grupo: _____

GERADOR ELÉTRICO

Você já ouviu falar em motores que funcionam somente a partir da interação entre ímãs, os chamados motores perpétuos (conforme ilustração na Figura 1)?

Figura 1 – Ilustração de um motor “perpétuo”.



Fonte: <http://bateriasdelitio.net/wp-content/uploads/2015/03/prototipomagneticmotor.gif>.

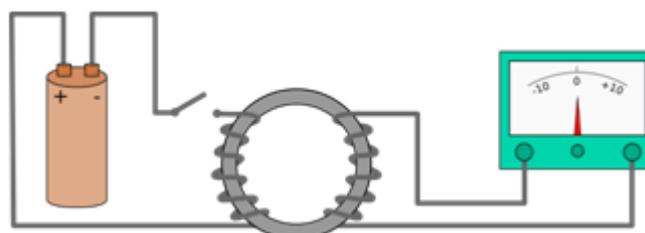
Diversos cientistas já tentaram construir uma máquina capaz de se movimentar constantemente, ou seja, que nunca pare de funcionar, que fique em eterno movimento. Mas esse fenômeno é impossível de acontecer pela necessidade de criar energia a partir do nada, o que contraria o princípio da conservação de energia, que diz que a energia pode ser transformada de uma forma para outra, e transferida de um corpo para o outro, sendo conservada. (Fonte: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-motoperpetuo.htm>).

Vamos explorar o princípio de funcionamento de um gerador elétrico para afirmarmos que esse tipo de motor viola a Lei de Faraday-Lenz e é impossível obter o seu funcionamento *ad eternum* (ficar ligado eternamente sem o uso de nenhuma fonte de energia externa).

Você sabia que:

Faraday realizou alguns experimentos sobre indução elétrica baseado em pesquisas de outros cientistas em 1825, que intitulou de “Experimentos de indução pela conexão de fio na bateria voltaica”. Durante os anos seguintes, ele afastou-se quase totalmente das pesquisas eletromagnéticas. Em suas anotações relativas ao dia 29 de agosto de 1831, Faraday começou por descrever um anel de ferro circular em que várias espiras de fio de cobre foram enroladas ao redor de uma metade do anel (lado A). No outro lado, mas separado por um intervalo, foram enrolados fios em dois pedaços juntos, na mesma direção das primeiras espiras (lado B). Faraday acreditava que a passagem de corrente elétrica em um dos

Figura 2 – Ilustração do experimento de Faraday.



Fonte: <https://goo.gl/fkj4zR>

Faraday acreditava que a passagem de corrente elétrica em um dos

enrolamentos poderia induzir uma corrente elétrica no outro enrolamento. Os dois enrolamentos do lado B foram unidos para formar um único, e sua extremidade foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Deste modo, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente pelo lado B do anel. Uma das espiras do lado A foi conectada com uma bateria e, com a passagem da corrente pelo lado A, vinda da bateria, uma corrente foi detectada no lado B do anel. Imediatamente um efeito sensível apareceu na agulha. Esta oscilou e estabeleceu-se por fim na posição inicial. Quebrando a conexão do lado A com a bateria, novamente houve uma perturbação na agulha. Faraday havia encontrado um efeito e, para confirmá-lo, juntou as extremidades das espiras do lado A em um enrolamento único e conectou com a bateria. Um efeito ainda mais forte foi observado na agulha. A corrente somente surgia em B imediatamente após conectar o lado A com a bateria ou imediatamente ao desconectá-lo. Quando a corrente estava fluindo continuamente no lado A, nada ocorria no lado B. (DIAS e MARTINS, 2004)

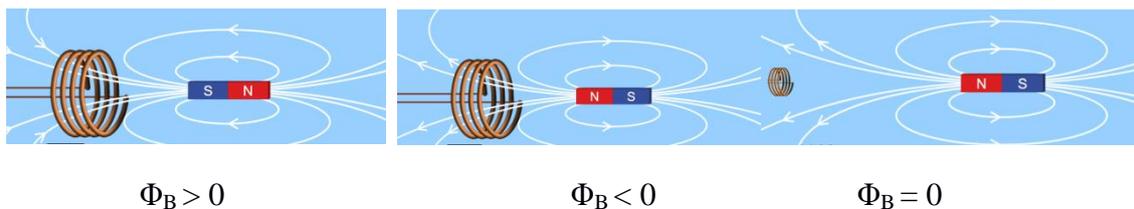
Lei de Faraday-Lenz

O enunciado desta lei diz que a variação do Fluxo Magnético (Φ_B) pela função do tempo (Δt) gera uma força eletromotriz induzida (ε), com sentido contrário à variação do fluxo (Equação 1).

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \quad \text{Equação 1}$$

Para um melhor entendimento da Lei de Faraday-Lenz precisamos discutir o conceito de fluxo magnético. Qualitativamente podemos dizer que o fluxo magnético que atravessa uma superfície fechada é proporcional ao número de linhas de campo magnético que atravessam tal superfície, mas precisamos definir um sentido de orientação. Tradicionalmente se adota Φ_B positivo quando as linhas atravessam a superfície da esquerda para a direita, nas situações em que o ímã se encontra a direita da espira. A seguir são apresentados exemplos de fluxo positivo, negativo e nulo (Figura 3).

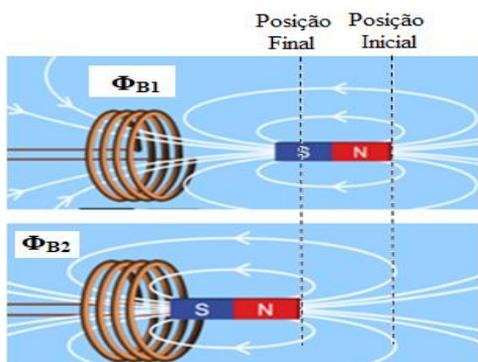
Figura 3 – Definição do sentido do fluxo magnético em uma bobina.



Fonte: Adaptação simulação Phet (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law)

Agora vamos analisar a situação de um ímã com o polo sul se aproximando de uma bobina, a partir da Figura 4.

Figura 4 – Análise do sinal da variação do fluxo magnético em uma bobina, quando um ímã se aproxima com o polo sul em direção a bobina.



Neste caso, se observa que ao aproximar o ímã da bobina, o número de linhas que a atravessam aumenta. Logo:

$$\Phi_{B2} - \Phi_{B1} > 0, \text{ pois } \Phi_{B1} < \Phi_{B2}.$$

Fonte: Adaptação simulação Phet (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law)

Conhecendo o sinal da variação do fluxo magnético, podemos prever o sinal da força eletromotriz induzida. No caso de aproximarmos o ímã com o polo sul virado para a bobina temos um aumento no fluxo magnético (variação positiva) e assim o termo entre parênteses da Equação 2 é positivo, consequentemente a diferença de potencial na bobina será negativa:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = - \frac{(\Phi_{B2} - \Phi_{B1})}{\Delta t} < 0 \quad \text{Equação 2}$$

Questão teórica:

Se, ao invés de aproximar o ímã da bobina, o ímã for afastado, a força eletromotriz permaneceria negativa? Justifique.

O surgimento da força eletromotriz induzida pode ser explicado pela presença de um campo magnético induzido que surge para se opor a variação de fluxo magnético (imagem cilíndrica representada no interior da bobina da Figura 5). A origem desse campo é devido a uma corrente induzida gerada a partir da força eletromotriz induzida. Esta corrente, por sua vez, gera o campo magnético indutivo que se opõe a essa variação, gerando um polo magnético idêntico ao que está se aproximando ou de polo diferente se estiver se afastando.

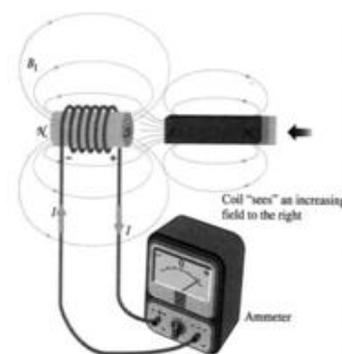


Figura 5 – Ilustração sobre o sentido do campo induzido.

Importante: Da análise entre os campos podemos afirmar que quando há movimento de aproximação o campo magnético do ímã tende a ser repelido pelo campo induzido da bobina e quando há movimento de afastamento os campos se atraem.

Nesse episódio iremos tratar somente do comportamento do módulo da força eletromotriz induzida, sem nos preocuparmos com o sentido da corrente elétrica induzida.

Espera-se que ao final das atividades você seja capaz de entender que para um gerador o sentido da corrente elétrica não é um fator que influencia na energia elétrica gerada.

Episódio de Modelagem: Parte I – Bobina, Imã e Galvanômetro

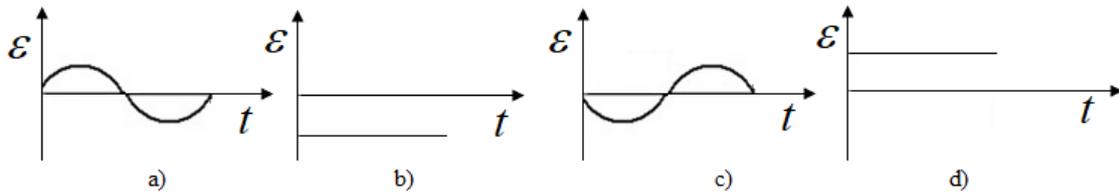
Nesta tarefa, inicialmente você deverá prever alguns resultados teóricos e posteriormente fazer a manipulação dos materiais experimentais para observar e explicar as semelhanças e diferenças entre suas previsões e as investigações experimentais.

Predição 1.1 – Ao aproximar um imã de uma bobina a força eletromotriz induzida é constante durante todo o intervalo de tempo enquanto o imã estiver em movimento?

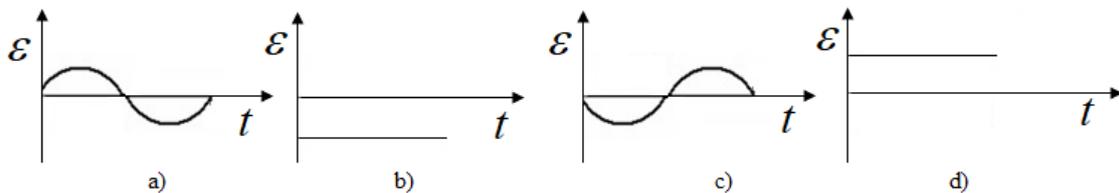
Predição 1.2 – Ao aproximar um imã de uma bobina a força eletromotriz induzida depende do intervalo de tempo gasto para deslocar o imã?

Predição 1.3 – Se um imã está a 10 cm de uma bobina e é deslocado para a distância de 6 cm em um intervalo de 1 segundo e em seguida para a distância de 2 cm (mesmo deslocamento de 4 cm) a força eletromotriz induzida em ambos os casos terá o mesmo valor?

Predição 1.4 – Dados os gráficos a seguir, qual(is) opção(ões) poderia(m) representar a força eletromotriz induzida gerada em uma bobina a partir do movimento de aproximação e afastamento de um imã?



Predição 1.5 – Dados os gráficos a seguir qual(is) opção(ões) poderia(m) representar a diferença de potencial gerada em uma pilha a partir da ligação da mesma nas extremidades do galvanômetro?



Interagir e Explicar: Utilize os materiais experimentais para interagir e explicar as semelhanças e diferenças entre suas previsões e as observações experimentais.

APÊNDICE M – Questionário sobre o gerador elétrico de laboratório Episódio de Modelagem II

Episódio de Modelagem: Parte II – Gerador Elétrico de laboratório

Grupo: _____

Nesta tarefa, inicialmente vocês deverão:

- a) observar o aparato experimental em funcionamento,
- b) responder as questões a seguir, apresentar e discutir suas respostas com a turma e
- c) validar suas respostas interagindo com o aparato.

Questão 2.1 – Explique com suas palavras o funcionamento do gerador elétrico apresentado em aula.

Questão 2.2 – O que acontece com a força eletromotriz se a velocidade de rotação no motor for aumentada? Justifique.

Questão 2.3 – O que acontece com a força eletromotriz se o número de espiras em uma bobina for diminuído pela metade? Justifique.

Questão 2.4 – O que acontece com a força eletromotriz se a distância entre os ímãs e as bobinas for aumentada? Justifique.

Questão 2.5 – A força eletromotriz gerada no gerador é uma tensão contínua ou alternada? Justifique.

APÊNDICE N – Questionário sobre a visita técnica Episódio de Modelagem II

Questões Norteadoras para o Desenvolvimento da Visita Técnica

Grupo: _____

Caros(as) alunos(as), as seguintes questões dirigirão o seu trabalho durante a etapa de validação do Episódio de Modelagem II.

Vocês estão participando desta visita técnica para realizar uma investigação sobre geração de energia elétrica. Para guiá-los nesta investigação, desenvolvemos três questões que deverão ser respondidas durante a visita, é importante que vocês tenham conhecimento destas perguntas e façam anotações que possam auxiliá-los nas respostas. *Aproveite para fazer outras perguntas durante a visita!!*

Para finalizar, o grupo deverá responder outras quatro questões após a realização da visita, é importante que vocês discutam sobre o que observaram durante a visita e façam relações com o que foi discutido em sala de aula.

BOA INVESTIGAÇÃO !!

Durante a visita:

1) Quais são as principais etapas de uma usina termoelétrica?

2) Qual é o papel do carvão na geração de energia elétrica?

3) Quanto de carvão é necessário para gerar energia elétrica suficiente para alimentar uma cidade como Bagé?

Depois da visita

- 1) Por que vocês realizaram esta visita?

- 2) Como vocês relacionam os experimentos que realizaram em sala, utilizando imã, bobina e galvanômetro com alguma das etapas que vocês observaram durante a visita na usina?

- 3) Discuta sobre as diferenças entre o gerador elétrico estudado em sala de aula e a geração de energia elétrica na usina.

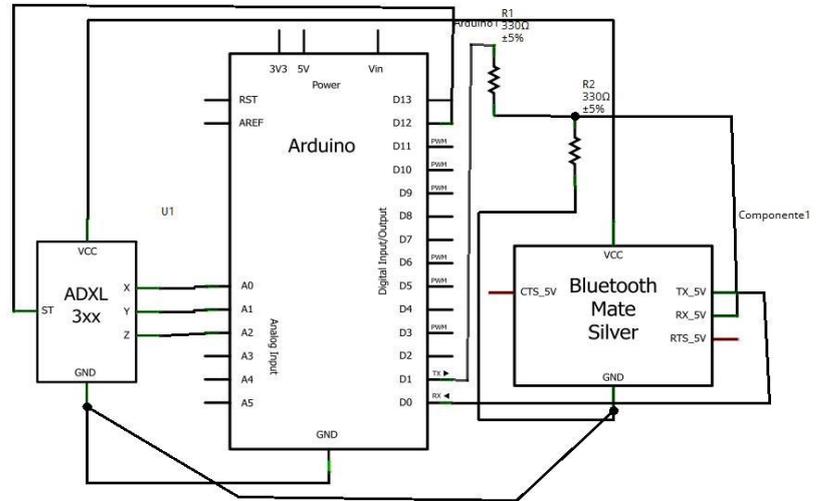
- 4) Qual a relação da geração de energia elétrica com a Lei de Faraday-Lenz que foi estudada em sala de aula?

APÊNDICE O – Questionário sobre os Episódios de Modelagem I e II

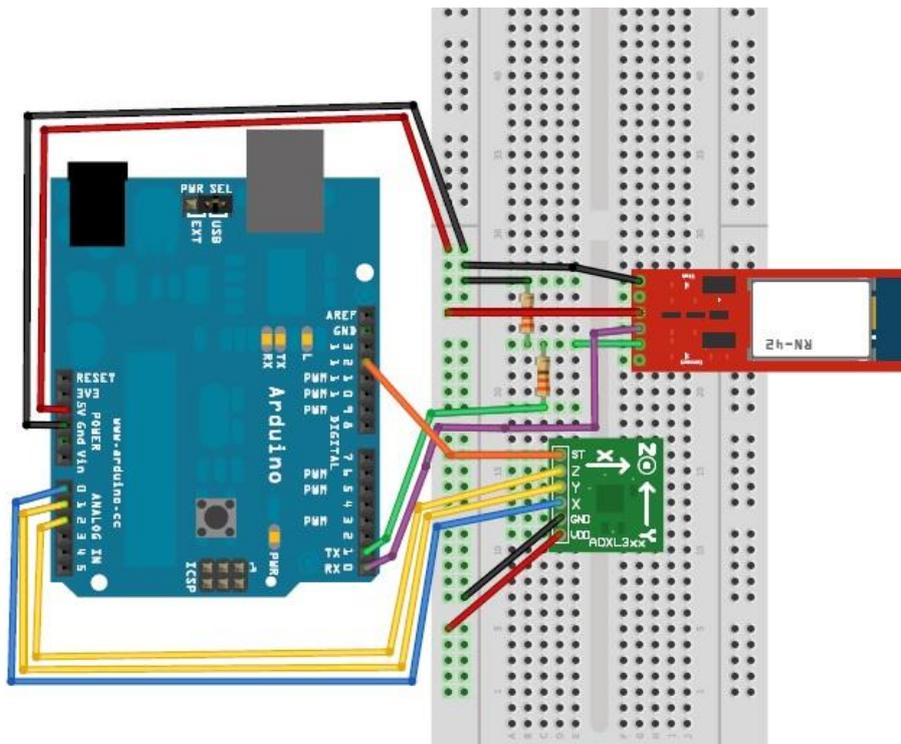
Caro(a) aluno(a), abaixo apresentamos 15 afirmativas sobre o desenvolvimento das aulas de Física utilizando Episódio de Modelagem. Você deverá marcar uma resposta de acordo com a escala de concordância: concordo completamente (CC); concordo (C) indeciso (I); discordo (D); discordo completamente (DC). Evite marcar muitas vezes indeciso.

Afirmativas	Escala de concordância				
1.1 As atividades de geração de energia foram mais interessantes do que as atividades sobre de pêndulo simples.	CC	C	I	D	DC
1.2 As atividades de pêndulo simples foram mais interessantes do que as atividades sobre geração de energia.	CC	C	I	D	DC
1.3 Estive estimulado para realizar as atividades propostas.	CC	C	I	D	DC
1.4 Ambas as atividades foram interessantes.	CC	C	I	D	DC
1.5 Gosto de participar das discussões realizadas durante as aulas.	CC	C	I	D	DC
2.1 As aulas utilizando atividades experimentais são cansativas.	CC	C	I	D	DC
2.2 As atividades propostas foram às primeiras atividades experimentais, em que realizei a coleta e a análise de dados experimentais.	CC	C	I	D	DC
2.3 Eu gostaria de realizar mais experimentos nas aulas de física.	CC	C	I	D	DC
2.4 Eu prefiro assistir uma demonstração experimental em comparação a realizar um experimento com coleta e análise de dados.	CC	C	I	D	DC
2.5 Um aparato experimental é uma representação parcial de uma situação real.	CC	C	I	D	DC
3.1 Para realizar uma atividade experimental não é necessário ter um modelo teórico.	CC	C	I	D	DC
3.2 Um dado teórico sempre será igual ao um dado experimental, por exemplo: o período teórico de um pêndulo será igual ao período medido experimentalmente.	CC	C	I	D	DC
3.3 As diferenças entre um dado teórico e um dado experimental podem ocorrer devido ao domínio de validade do modelo teórico.	CC	C	I	D	DC
3.4 As diferenças entre um dado teórico e um dado experimental podem ocorrer devido a procedimentos experimentais equivocados.	CC	C	I	D	DC
3.5 Os resultados de um experimento devem ser iguais aos resultados previstos teoricamente.	CC	C	I	D	DC

APÊNDICE P – Esquema do circuito do Arduino com as ligações dos sensores Acelerômetro e módulo *Bluetooth*



Made with Fritzing.org



Made with Fritzing.org

Fonte: Autora

**APÊNDICE Q – Código do programa para utilização do sensor Acelerômetro (MMA
7361) na placa microcontrolada Arduino**

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int analogPin0 = 0;

  int sensor1 = analogRead(analogPin0);
  int sensor2 = analogRead(analogPin0);
  int sensor3 = analogRead(analogPin0);
  int sensor4 = analogRead(analogPin0);
  int sensor5 = analogRead(analogPin0);
  int sensor6 = analogRead(analogPin0);
  int sensor7 = analogRead(analogPin0);
  int sensor8 = analogRead(analogPin0);
  int sensor9 = analogRead(analogPin0);
  int sensor10 = analogRead(analogPin0);

  int mediasensorx = (sensor1 + sensor2 + sensor3 + sensor4 + sensor5 + sensor6 + sensor7 + sensor8 +
  sensor9 + sensor10)/10;

  float medsensorvolt0 = (mediasensorx*5.00/1023 - 1.59);

  float acelx = medsensorvolt0*9.81/0.78;

  float tempo = 0;

  tempo = millis ();

  tempo = tempo/1000;

  Serial.print(" ");

  Serial.print(tempo);
```

```
Serial.print(" ");  
Serial.println(accelx);  
delay(50);  
}
```