

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS MEDIANEIRA

SILVIO AUGUSTO BASSE

Sequência didática para o ensino-aprendizagem
dos conceitos de Movimento Oscilatório,
Estudo de caso: Pêndulo

MEDIANEIRA
2019



**Sequência didática para o ensino-aprendizagem
dos conceitos de Movimento Oscilatório,
Estudo de caso: Pêndulo**

SILVIO AUGUSTO BASSE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Shiderlene Vieira de Almeida

MEDIANEIRA
Setembro / 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B318s

Basse, Silvio Augusto

Sequência didática para o ensino-aprendizagem dos conceitos de Movimento Oscilatório, estudo de caso: pêndulo / Silvio Augusto Basse – 2019.

61 f. : il. ; 30 cm.

Texto em português com resumo em inglês

Orientador: Fabio Rogerio Longen

Coorientadora: Shiderlene Vieira de Almeida

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Medianeira, 2019.

Inclui bibliografias.

1. Física (ensino médio). 2. Física - Experiências. 3. Ensino de Física - Dissertações. I. Longen, Fabio Rogério orient. II. Almeida, Shiderlene de, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Medianeira
Fernanda Cristina Gazolla Bem dos Santos CRB: 9/1735

TERMO DE APROVAÇÃO

Sequência didática para o ensino-aprendizagem dos conceitos de Movimento Oscilatório, Estudo de caso: Pêndulo

Por

SILVIO AUGUSTO BASSE

Essa dissertação foi apresentada às 09:00 horas, do dia 05 de setembro de dois mil e dezenove, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, Linha de Pesquisa Física no Ensino Médio, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.¹

Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen (Orientador – PPGEF)

Prof.^a Dr.^a Daiene de Mello Schaefer (Membro Interno – UTFPR)

Prof. Dr. Valdir Rosa (Membro Externo – UFPR – Setor Palotina)

¹ A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

Designo este trabalho à minha família, em especial à minha esposa Alzira Girardi Basse e à minha filha Rayla Basse pela paciência e compreensão nos momentos em que estive ausente, minha perpétua gratulação.

AGRADECIMENTOS

Inquestionavelmente, estes reconhecimentos não descriminaram todos que de uma forma ou outra, estiveram e acompanharam minha vida acadêmica. Quero deixar minhas singelas desculpas àqueles que não estarão citados neste agradecimento, entretanto perdurarão eternamente em minha memória e gratidão.

A Deus e a Nossa Senhora por proporcionarem mais esta conquista em minha vida.

À minha mãe, Ester M. T. Basse, e ao meu Pai, Augustinho Basse, por sempre incentivarem e mostrarem que a melhor forma de evoluir socialmente e espiritualmente é pelo conhecimento.

À minha tia, Carmel Tomazi Carminatti (*in memorian*) pelo apoio e incentivo no início da vida acadêmica.

À minha esposa, Alzira Girardi Basse, pelo incentivo, paciência e compreensão no período em que estive ausente.

À minha filha amada, Rayla Basse, pelo apoio incondicional e compreensão pelo período de ausência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen, pela dedicação, disponibilidade, sabedoria e paciência nas orientações e no auxílio do desenvolvimento de mais esta etapa acadêmica.

À minha Coorientadora, Prof.^a Dr.^a Shiderlene Vieira de Almeida, pelo incentivo e sabedoria que me guiou no auxílio e orientação na construção desta dissertação.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo Medianeira / PR, e de outros polos, pelo repasse de conhecimento.

Aos colegas de turma, pelas trocas de experiências e apoio no período de realização do mestrado, em especial aos meus amigos de viagem e estudo pela força e suporte na realização desta etapa.

Aos organizadores do MNPEF, por proporcionar esta forma de agregação do conhecimento científico.

“O principal objetivo da educação é criar pessoas capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que outras gerações fizeram”. (*Jean William Fritz Piaget*)

RESUMO

A dissertação apresenta uma síntese das teorias utilizadas na implementação e execução do produto educacional, pautado em uma sequência didática com finalidade de aplicar e analisar os resultados relacionados a movimento oscilatório de pêndulos. Assim sendo, a intervenção do produto educacional fundamenta-se nas teorias de Jean Piaget, oportunizar uma investigação alternativa na produção de um material que envolva experimentos de movimentos oscilatórios pendulares, através de aulas expositivas dialogadas, que venham a desenvolver no educando uma interação entre a teoria e a prática, que proporciona ao aluno um aprendizado com compreensão, em direção ao ensino dos conceitos físicos, estabelecendo um conhecimento menos abstrato. Segundo Piaget, o sujeito constrói esquemas mentais quando consegue relacionar um conhecimento novo com o já estruturado. Oportunizar no aluno a construção de esquemas mentais que o leve a uma assimilação, acomodação e adaptação dos conceitos físicos em busca do equilíbrio cognitivo. Diante do exposto, a sequência didática aplicada aos alunos teve um roteiro com cinco atividades, de forma a identificar os conhecimentos já construídos através de um pré-teste, em seguida uma atividade de identificação dos tipos de pêndulos de forma a familiarizar o aluno com o conteúdo. Após estas explanações, foram desenvolvidas atividades práticas envolvendo experimentos de pêndulos simples e físico de forma a identificar os fenômenos oscilatórios envolvidos. Em sequência, utilizaram o simulador PhET para aprimorar os conceitos. A quarta atividade foi reservada à matematização dos conceitos físicos relacionando prática à teoria. Por fim, realizaram uma avaliação (pós-teste) de modo a verificar se obtiveram assimilação dos conteúdos. Para tal intervenção, utilizou-se como base o pré-teste e pós-teste. Buscou-se analisar os resultados por meio de caráter quantitativo e qualitativo, de forma a compreender o contexto de conhecimento já estruturado cognitivamente com o assimilado na aplicação do produto educacional.

Palavras-chave: Ensino de Física; Metodologia de aprendizagem; Atividades experimentais; Pêndulo Simples; Pêndulo Físico; Sequência Didática.

MEDIANEIRA
Setembro / 2019

ABSTRACT

This dissertation presents a synthesis of the theories used in the implementation and execution of an educational product, based on a didactic sequence in order to apply and analyze the results related to the pendulum oscillatory movement. Thus, the intervention of the educational product is based on Jean Piaget's theories, enabling an alternative investigation in the production of a material that involves experiments of pendulum oscillatory movements, through expository classes, using the dialogue, which will develop in the student an interaction between theory and practice, besides providing students with an understanding learning towards the teaching of physical concepts, establishing a less abstract knowledge. According to Piaget, the subject builds mental schemes when he/she can relate new knowledge with the already structured knowledge, in order to make it possible for the student to build mental schemes that lead him/her to an assimilation, accommodation and adaptation of physical concepts in search of cognitive balance. Therefore, the didactic sequence applied to the students had a script with five activities to identify the knowledge already built by using a pretest and then an activity for identifying the pendulum types to familiarize the student with the content. After these explanations, practical activities involving simple and physical pendulum experiments were developed to identify the oscillatory phenomena involved. Next, they used the PhET simulator to improve the concepts. The fourth activity was reserved for the mathematization of physical concepts relating practice to theory. Finally, they performed an evaluation (posttest) to verify if they assimilated assimilation the contents. For such intervention, the pretest and posttest were used as the basis. We sought to analyze the results through quantitative and qualitative character, in order to understand the context of knowledge already structured cognitively with the assimilated one in the application of the educational product.

Keywords: Physics education; Learning methodology; Experimental activities; Simple pendulum; Physical pendulum; Didactic sequence.

MEDIANEIRA
September / 2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representa o esquema mental da teoria de Jean Piaget.....	6
Figura 2: Representativa dos estágios de desenvolvimento da criança/adolescente	7
Figura 3: Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio Fonte: Autoria própria.....	15
Figura 4: Representação da amplitude (A) e do período (T) em um movimento oscilatório de um objeto, descrevendo intervalos idênticos. (Reta vertical, representa a amplitude (A), reta horizontal representa o tempo (t). Fonte: Autoria Própria.....	16
Figura 5: Representa o movimento oscilatório da mola, em relação a sua posição de equilíbrio	17
Figura 6: Ilustração gráfica, demonstrando a posição da partícula em relação ao tempo.	18
Figura 7: O Pêndulo Simples. Quando θ é pequeno, o movimento de um pêndulo simples pode ser modelado como movimento harmônico simples pela posição de equilíbrio $\theta = 0$	19
Figura 8: Um pêndulo físico centrado em O	22
Figura 9: Representativa do momento de inércia de alguns corpos rígidos	23
Figura 10: Questão 1, discursiva do pré-teste.....	25
Figura 11: Questão 1, discursiva do pré-teste.....	26
Figura 12: Questão 1, discursiva do pré-teste.....	26
Figura 13: Questão 2, discursiva do pré-teste.....	26
Figura 14: Questão 2, discursiva do pré-teste.....	27
Figura 15: Questão 3, discursiva do pré-teste.....	27
Figura 16: Questão 3, discursiva do pré-teste.....	27
Figura 17: Alunos desenvolvendo as atividades em sala de pêndulo simples.....	33
Figura 18: Representando da atividade de Pêndulo simples, desempenhada pelos alunos.....	33

Figura 19: Imagem ilustrativa da balança digital, utilizada na verificação da massa da barra	35
Figura 20: Representando uma barra de madeira que será fixada ao suporte.....	35
Figura 21: Demonstra o suporte de madeira onde será fixado a barra, para o desenvolvimento da atividade.....	35
Figura 22: Ilustração do parafuso, arruelas e polcas, utilizadas para fixar a barra de madeira ao suporte.....	35
Figura 23: Grupo de alunos na montagem do experimento de pêndulo Físico.....	37
Figura 24: Representação de alunos desenvolvendo a atividade de pêndulo Físico, determinando o período de oscilação da barra de madeira utilizando o cronometro do celular.....	37
Figura 25: Alunos manipulando o pêndulo Físico, em verificação aos movimentos oscilatórios.....	37
Figura 26: Grupo de alunos interagindo na atividade, em verificação ao período de oscilação.....	37
Figura 27: Atividade no laboratorio de informatica, medições do pêndulo simples no simulator PhET.....	39
Figura 28: Questão 9 e 10, discursiva do pós-teste.....	46
Figura 29: Questão 9 e 10, discursiva do pós-teste.....	47
Figura 30: Questão 9 e 10, discursiva do pós-teste.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Ângulos e senos de ângulo.....	20
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representando os resultados do pré-teste, das questões descritivas..	28
Gráfico 2: Representando os resultados do pré-teste, das questões de múltipla escolha.....	30
Gráfico 3: Representando os resultados do pós-teste, das questões descritivas.....	42
Gráfico 4: Representando os resultados do pós-teste, das questões de múltipla escolha.	44
Gráfico 5: Demonstra os resultados do pré-teste e pós-teste, das questões descritivas..	48
Gráfico 6: Demonstra os resultados do pós-teste, das questões de múltipla escolha. ...	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3 ASPECTOS HISTÓRICOS.....	14
3.1 OSCILAÇÃO	15
3.2 PÊNDULO SIMPLES	19
3.3 PÊNDULO FÍSICO	21
3.4 MOMENTO DE INÉRCIA	23
4. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E ANÁLISE DOS RESULTADOS	24
4.1 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE.....	25
4.2 ANÁLISE DA DIFERENCIAÇÃO DOS PÊNDULOS	30
4.2.1 Análise dos conceitos pendulares	31
4.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE PÊNDULO FÍSICO.....	34
4.5 ANÁLISE DA ATIVIDADE COM SIMULADOR DIGITAL – PhET	38
4.6 ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DAS EQUAÇÕES DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO.....	40
4.7 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO – PÓS-TESTE.....	42
5. ANÁLISE DO RESULTADO DO PRÉ - TESTE E PÓS – TESTE.....	48
6. CONCLUSÃO.....	52
APÊNDICE A: SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE – PRODUTO EDUCACIONAL - PE	58

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação oferece uma pequena colaboração ao conhecimento científico, para o ensino de Física, na investigação e na aplicação de atividades didáticas experimentais e teóricas, baseadas na epistemologia de Jean Piaget acerca do desenvolvimento cognitivo. Para Piaget (1983), o problema epistemológico é compreender e identificar como estabelece a transição de um conhecimento inferior para um conhecimento mais complexo.

Frente a estas possíveis variantes entre a transição do conhecimento novo com o já estruturado, introduz metodologias diferenciadas que estabelecem, através de uma sequência didática, atividades que possibilitam a compreensão de novos conceitos.

Apostar em uma nova didática não significa apenas atrair o aluno a uma sensação de novidade que uma atividade experimental pode proporcionar, mas sim utilizar desse artifício para construir um conhecimento mais próximo da sua realidade. (MORAES, 2014, p.63).

Por consequência, da defasagem no aprendizado de Física nas Escolas Públicas e frente às novas propostas de ensino, faz-se necessária uma análise das metodologias aplicadas atualmente, com novos métodos de ensino/aprendizagem, que proporcione no educando uma habilidade cognitiva na compreensão e no estabelecimento de relações entre o conhecimento construído e o novo conhecimento.

Almeida *et. al.* (2012) descrevem: “A criança é construtora do seu próprio conhecimento e esta construção depende da constante interação do indivíduo com seu meio exterior”. Sendo a reconstrução do conhecimento um processo próprio do sujeito. “Deste ponto de vista, o desenvolvimento mental é uma construção contínua”. (PIAGET, 1967, p.12).

Para Piaget, o desenvolvimento do conhecimento é uma transposição da inteligência através do desequilíbrio cognitivo para o equilíbrio cognitivo, “o desenvolvimento mental é uma construção contínua, comparável à edificação de um grande prédio que, à medida que se acrescenta algo, fica mais sólido”. (PIAGET, 1967, p. 12).

É o produto de sucessivas construções, e o fator principal desse construtivismo é um equilíbrio por auto regulações que permitem remediar as incoerências momentâneas, resolver os problemas e superar crises ou os

desequilíbrios por uma elaboração constante de novas estruturas que a escola pode ignorar ou favorecer, segundo os métodos empregados. (PIAGET, 1972, p. 42).

Ensinar é estabelecer interposição do conhecimento popular com o científico. Nesta mediação, o papel do educador, faz-se indispensável, frente aos crescentes meios de informações que se apresentam, muitas vezes de forma distorcidas. Deste modo, faz-se necessário buscar métodos de ensino que favoreçam a aprendizagem, seja por elaboração de materiais próprios ou pela aplicação de estratégias didáticas disponíveis e instrumentos pedagógicos que busquem entusiasmar e colaborar com a construção dos conceitos de movimentos oscilatórios de forma a relacionar a teoria e a prática.

As atividades devem partir de situações significativas e funcionais, a fim de que o conteúdo possa ser aprendido junto com a capacidade de poder utilizá-lo quando seja conveniente. Por isto é imprescindível que este conteúdo tenha sentido para o aluno: ele deve saber para que serve e que função tem, ainda que seja útil apenas para poder realizar uma nova aprendizagem. (ZABALA, 2010, p. 81).

Lamentavelmente, constata-se que os alunos demonstram um desinteresse pela disciplina de física, por associarem conceitos físicos a fórmulas matemáticas, o que causa uma inquietação e dificuldade de assimilação dos conceitos físicos.

Espera-se que esta dissertação e o produto educacional possam contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em Física, buscando evitar uma metodologia que leve o aluno a uma memorização descontextualizada, sem ligação com seu cotidiano, mas o leve a identificar as várias formas pelas quais os fenômenos físicos se manifestam no universo, orientando-os a um processo de assimilação e acomodação cognitiva do conhecimento.

O sujeito desperta para o novo conhecimento quando ocorre um desequilíbrio cognitivo entre o conhecimento já formulado com o novo (FLAVELL, 1975).

O conteúdo escolhido foi em consequência da carência deste nos materiais didáticos de Física para o Ensino Médio. Desta forma, desenvolveu-se uma sequência didática de modo a auxiliar o professor e suprir a ausência deste material para o ensino do movimento oscilatório e periódico referentes aos pêndulos físicos.

Para a explanação do comportamento do movimento oscilatório pendular, optou-se por uma metodologia de aulas expositivas, dialogadas, experimentais e por simuladores com a finalidade de apresentar os conceitos referentes ao assunto.

Esta sequência didática desenvolve-se de maneira a estabelecer no aluno uma dinâmica de interações entre os conceitos físicos, em busca da compreensão dos

fenômenos pendulares, e que possa relacionar o conhecimento já construído com o novo, reconstruindo conceitos científicos, por meio de uma proposta construtivista.

O produto educacional decorreu em um Colégio Público da rede Estadual do Paraná, localizado no município de Francisco Beltrão/PR, efetivado em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, composto por procedimentos diferenciados que viabilizam a flexibilidade na construção do conhecimento no aluno, organizada didaticamente em cinco atividades, sendo:

Primeira atividade: Questionário (Pré-Teste), referente aos movimentos oscilatórios, com a finalidade de analisar os conhecimentos já construídos.

Segunda atividade: Apresentação dos diferentes tipos de pêndulos, suas características e utilização no meio social. Após a explanação teórica os alunos desenvolveram atividades experimentais de pêndulos simples e pêndulos físicos.

Terceira atividade: Desenvolver uma investigação dos movimentos oscilatórios, com a utilização do simulador PhET - Simulações Interativas em Ciências e Matemática.

Quarta atividade: Explanamos as equações matemáticas dos conceitos que envolvem os movimentos oscilatórios e periódicos.

Quinta atividade: Avaliação (Pós-Teste) para diagnosticar o processo de construção do conhecimento do educando.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho proposto, fundamentado na teoria de Jean Piaget, foi produzido com enfoque no ensino do movimento oscilatório, sendo que este proporciona possibilidades de explorar e aperfeiçoar o conhecimento já construído, permite uma compreensão dos conteúdos estudados, e não uma aprendizagem meramente mecânica dos conceitos de movimento oscilatório e periódico.

A teoria construtivista de Jean Piaget relata que o sujeito constrói seu conhecimento em interações sociais e culturais do meio que esteja inserido. Conforme Flavell (1975): O conhecimento que o sujeito adquire é uma interação entre o aprendiz e os materiais, em um processo estrutural cognitivo de aprendizagem e desenvolvimento da reconstrução de conhecimento.

Não herdamos estruturas cognitivas com tais; estas passam a existir apenas no decorrer do desenvolvimento. O que herdamos é um *modus operandi*, uma maneira específica de transação com o ambiente. Este modo de funcionamento tem duas características gerais importantes. Primeiro, ele gera estruturas cognitivas. As estruturas surgem no decorrer do funcionamento intelectual; é através do funcionamento e apenas através dele que surgem as estruturas cognitivas. (FLAVELL, 1975, p. 43).

Para que a aprendizagem ocorra, o aprendiz deverá construir os conhecimentos, passando de mero ouvinte e passivo para formulador de seus próprios modelos mentais, obtendo e estabelecendo relações significativas dos conceitos e não puramente memorização mecânica de fatos isolados. Segundo Piaget, para que isto se efetive cognitivamente na estrutura mental, o indivíduo deverá apresentar dois conceitos: Assimilação e Acomodação, incorporações cognitivas da realidade sempre envolvem uma assimilação à estrutura e uma acomodação da estrutura (FLAVELL, 1975, p. 48), desenvolvimento este associado a contínuas alterações ocorridas nas estruturas mentais, gerando ações que provocam desequilíbrio nos esquemas mentais.

A assimilação e a acomodação não se diferenciam, embora antagônicas e opostas em seu funcionamento, para um estado final de objetividade e de equilíbrio, no qual as duas funções são, de um lado, relativamente separadas e distintas, e de outro, coordenadas e complementares. (FLAVELL, 1975, p. 58)

Na concepção “Piagetiana,” o processo de construção do conhecimento passa por uma incorporação de conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz, num processo adaptativo; “todo ato inteligente, no qual a assimilação e acomodação estão

equilibradas, constitui uma adaptação intelectual” (FLAVELL, 1975, p. 47), o qual permite um estado de equilíbrio das estruturas cognitivas do processo de reconstrução de conhecimento.

“A assimilação e a acomodação constituem os ingredientes mais fundamentais do funcionamento intelectual. Ambos estão presentes em todas as ações intelectuais de qualquer tipo e em qualquer nível de desenvolvimento” (FLAVELL, 1975, p. 57). Desenvolvimento este que modifica gradativamente as estruturas mentais do aprendiz. A construção de um novo conhecimento se sucede no momento em que ocorre um desequilíbrio na estrutura cognitiva do sujeito, as quais necessitam da reconstrução de novas estruturas cognitivas, por meio dos processos de assimilação e acomodação. Tais processos possibilitam a elaboração de novos esquemas mentais, atingindo o estágio de equilíbrio cognitivo do indivíduo. Para Piaget, o equilíbrio cognitivo opera perpendicularmente entre a estrutura mental e o meio social, em um processo de readaptação.

O desenvolvimento da estrutura mental do ser humano ocorre por fatores biológicos presentes em todos os sujeitos e que pode ser modificada pelos meios culturais em que o indivíduo esteja inserido. O desenvolvimento do conhecimento no indivíduo está alicerçado no conceito da equilibração.²

O funcionamento intelectual, quando alcança o equilíbrio, é constituído de uma fórmula balanceada de partes praticamente iguais de assimilação e acomodação. Este equilíbrio sutil garante um relacionamento realista (acomodação) e significativo (assimilação) entre o sujeito e o objeto. (FLAVELL, 1975, p. 64)

Nesta concepção de desenvolvimento cognitivo, as estruturas esquemáticas das informações que o indivíduo identifica o tornam apto a receber diferentes estruturas de conhecimento, estimulando o indivíduo a uma adaptação das novas informações.

Vamos a um exemplo clássico do funcionamento. Imagine que você percorre sempre o mesmo caminho de sua casa ao trabalho, percorrendo este trajeto automaticamente. Porém, um dia seu chefe informa que o local da empresa mudará de endereço, local mais distante deste. Esta nova informação, a respeito do novo trajeto, evidentemente não corresponde ao esquema mental que você possui no momento. Neste instante ocorrerá um desequilíbrio, pois até então o caminho percorrido era o mesmo

² O equilíbrio é um processo de organização das estruturas cognitivas conduzindo o sujeito a uma construção do conhecimento.

todos os dias, devendo ocorrer um processo de assimilação do novo trajeto, reformulando o seu conceito já construído, atinge o que Piaget denomina de acomodação.

Segundo Moreira (1999, p.82)

“Não há acomodação sem assimilação, pois a acomodação é uma reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação. Experiências acomodadas dão origem a novos esquemas de assimilação, alcançando-se um novo estado de equilíbrio”.

O processo de assimilação pelo aprendiz compreende a aquisição de novas informações, assimilando-as aos esquemas já estruturados na estrutura mental. A acomodação das novas informações com as pré-existentes, em um processamento cognitivo que coordena métodos de captação de novas informações, incorporando-as ao conhecimento já construído, viabiliza a ampliação dos esquemas mentais. Logo, o processo de acomodação é a reformulação dos esquemas mentais, em função das características dos materiais a serem assimilados, de forma que possam modificar o esquema mental existente, ou elaborar um esquema no qual possamos introduzir um novo estímulo aos esquemas pré-existentes.

A seguir, o esquema apresentado na figura 1 resume, na concepção Piagetiana, o processo de construção do conhecimento.

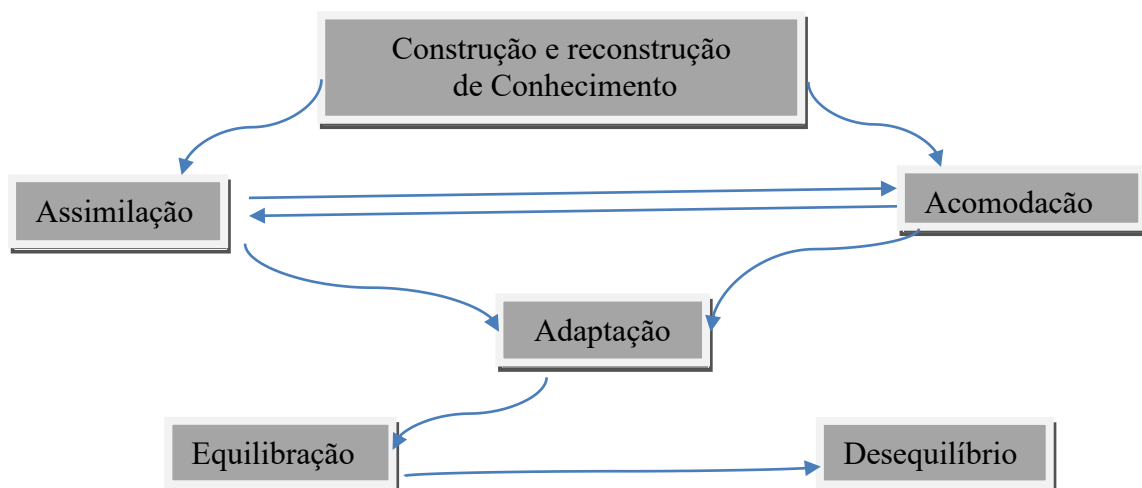


Figura 1: Representa o esquema mental da teoria de Jean Piaget.

Fonte: Autoria própria.

A construção e reconstrução da inteligência humana se iniciam ao nascimento e acompanha o sujeito ao longo de sua vida, caracterizam o conhecimento de forma distinta em cada estágio de desenvolvimento cognitivo. (Figura 2)

O desenvolvimento cognitivo do indivíduo está alicerçado nos estágios e atinge a equilibração na estrutura cognitiva para cada novo período de evolução. Segundo a teoria Piagetiana, cada estágio de desenvolvimento depende do anterior e institui um elo de esquemas mentais que resultam em um avanço do conhecimento intelectual e ético, sendo a habilidade de modificar sua estrutura mental condicionada às transformações do organismo com o meio. (PIAGET, 1967).

Esse contínuo processo de desenvolvimento se dá através do restabelecimento do equilíbrio entre a estrutura precedente e a ação do meio, sendo que essas estruturas se sucedem de forma que cada uma assegure um equilíbrio mais estável do que o anterior, em direção a uma estrutura mais abrangente. (PERIÓDICOS.UFSC – APRENDIZAGEM, 2019).

Para Piaget, o desenvolvimento cognitivo está alicerçado em quatro estágios de desenvolvimento: Sensorio-motor, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal, chamados por Piaget de evolução mental.³

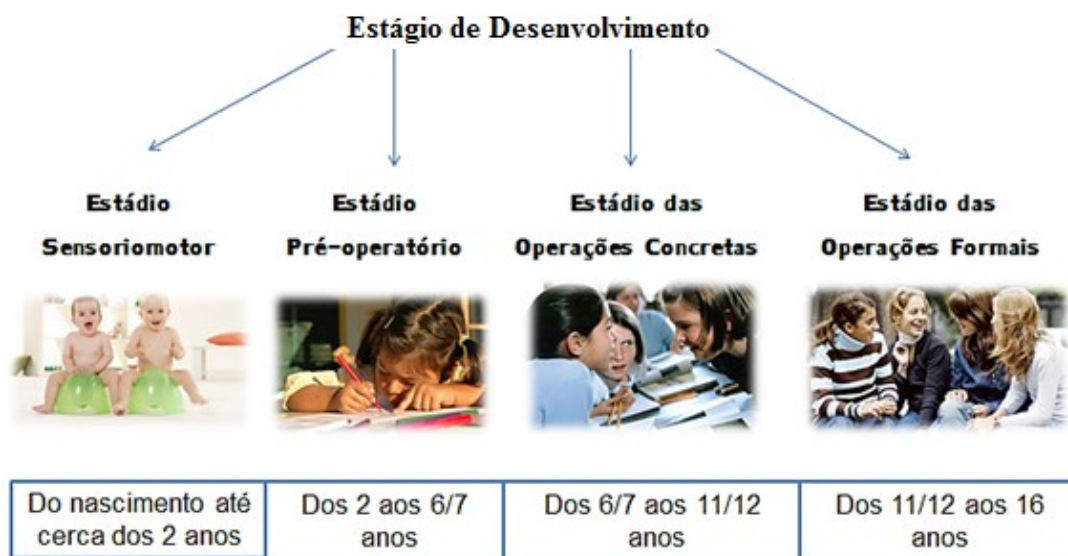


Figura 2: Representativa dos estágios de desenvolvimento da criança/adolescente: Jean Piaget. **Fonte:** <http://psicologiad09.blogspot.com/2012/06/desenvolvimento-cognitivo.html>. Acessado em 12/09/2018

A idade cronológica da criança/adolescente, nos estágios de desenvolvimento, varia de acordo com o meio social que o indivíduo está inserido, “no entanto, a ordem de aparecimento dos estágios é constante para todas as sociedades estudadas.” (FARIA, 1998, p. 12).

³ Busca da evolução do conhecimento por meio da reorganização das estruturas cognitivas ao longo dos estágios de desenvolvimento do sujeito. Esquemas mentais que os levem à construção da aprendizagem.

Os estágios de desenvolvimento apresentados a seguir relatam descrições não detalhadas, mas expõem algumas características do processo de construção do conhecimento, presentes em cada período de desenvolvimento.

Sensório-motor: (0 – 2 anos)

Estágio em que a criança constrói um conhecimento representativo a partir da inteligência prática. Segundo (FLAVELL, 1975, p. 86) “Esta organização, no entanto, é inteiramente “prática”, pois abrange ajustamentos perceptivos e motores simples às coisas e não manipulações simbólicas delas”.

O estágio sensório-motor é o período da "inteligência prática" porque é uma fase do desenvolvimento cognitivo onde a criança não usa a linguagem, emprega apenas as suas ações e percepções, daí a razão da denominação desse primeiro estágio, pois é a ação e a percepção que estimulam o desenvolvimento das estruturas mentais. (PÁDUA, 2009, p. 29).

A criança somente se concentra em objetos que estão a sua volta, nas interações físicas, no que realiza e na consciência imediata do meio.

Neste estágio a criança adquire conhecimento por meio da manipulação dos objetos e de experiências sensoriais. Neste período inicial do desenvolvimento, as ações ocorrem através de reflexos, organização da percepção, hábitos e respostas motoras, ações que estimulam o desenvolvimento das estruturas cognitivas.

Pré-Operatório: (2 – 6 - 7 anos)

Estágio em que a criança começa a compreender o meio, não de forma plena, desenvolvendo habilidade linguística para se comunicar com o mundo, configura o conhecimento através de símbolos e palavras, reconhece o meio do seu ponto de vista de acordo com a sua vontade (egocêntrico), não do ponto de vista de outra pessoa. Desta maneira, não compreende situações complexas, fase que o pensamento lógico não está presente, creem que os objetos do meio têm vida, fundamentam-se nos seus próprios sentimentos.

Para Piaget, neste estágio surge o pensamento, mas, sem conservação e reversibilidade de conhecimento, a criança exibe a centragem, sendo incapaz de reconhecer algumas situações do meio, como conservação da quantidade de volume ou massa, não conseguindo identificar que duas fileiras contendo a mesma quantidade de bolas de gude, uma fileira com bolas distante uma das outras, a criança pensa que a fileira distante terá mais bolas de gude (PIAGET, 1983, p.16). “As estruturas rígidas, estáticas e irreversíveis, que caracterizam a organização do pensamento pré-operatório”, “descongela-se e tornam-se mis flexíveis, móveis e, acima de tudo, descentradas e reversíveis em seu funcionamento”, (FLAVELL, 1975, p. 164,165), à medida que a criança passa do estágio pré-operatório para o operatório concreto.

Operatório Concreto: (7 – 11-12 anos)

Estágio que a criança começa a criar pensamentos lógicos, racionais e operatórios, aumentando a capacidade de reflexão perante o meio que auxilia no desenvolvimento cognitivo, adquirindo conservação e reversibilidade lógica na construção de novos conhecimentos em suas estruturas cognitivas.

Com o advento do pensamento operatório a criança adquire a habilidade de pensar uma ação e reverter esse pensamento. Em outras palavras, operação é uma ação interiorizada reversível e coordenada. (PÁDUA, 2009, p. 32).

Neste período, o manuseio dos objetos são ações fundamentais para o desenvolvimento cognitivo da criança, levando-a a diferenciar e classificar objetos pelas formas que apresentam, compreendem melhor o espaço/tempo, captam vários conceitos de uma vez, melhoram seus raciocínios na compreensão dos fenômenos do meio, identificando problemas que aplicam a observação de materiais concretos, entente o meio pelas interpretações dos outros, estabelecendo um rompimento das características egocentricas, apresentando, ainda, dificuldades em compreender conceitos do meio abstrato, por ser um período de desenvolvimento que a criança se baseia diretamente nas observações de objetos e não nas hipóteses, competência que será estruturada cognitivamente no estágio operatório formal.

Operatório Formal: (12 anos até a fase adulta)

Neste estágio a criança/adolescente modifica seu modo de ver o mundo, não necessitando de objetos concretos para obtenção de novos conhecimentos, constrói esquemas mentais a partir do pensamento abstrato e de hipóteses acerca do conhecimento já estruturado, definido por Piaget de caráter hipotético-dedutivo. A reestruturação das operações concretas se torna possível quando “o adolescente realiza operações que faz com que seu pensamento seja formal e não mais concreto”. (FLAVELL, 1975, p. 210).

Ele toma os resultados destas operações concretas, formula-os sob a forma de proposições e continua a operar com eles, ou seja, estabelece vários tipos de conexão lógica entre eles (implicação, conjunção, identidade, disjunção, etc.). Portanto, as operações formais, na realidade, são operações realizadas com os resultados de operações anteriores (concretas). (FLAVELL, 1975, p. 210).

O processo construtivo do conhecimento tem início nas ações concretas, mas aos poucos, há uma substituição da ação efetiva pela simbolização, com consequência do desenvolvimento e da tomada de consciência. (FARIA, 1998, p. 14), tornando o sujeito apto a realizar raciocínios dedutivos, hipotéticos, abstratos e raciocínio lógico, engendrando esquemas para solucionar conceitos novos, sistematizado com os conhecimentos já adquiridos, modificando os esquemas das estruturas cognitivas, “em que surge a aptidão de refletir sobre seu próprio pensamento, evoluindo cognitivamente, “isto é, da concepção do desenvolvimento como uma série de desenvolvimentos sucessivos de desequilíbrio \longleftrightarrow equilíbrio”, (FLAVELL, 1975, p. 228) de forma a adaptar-se ao meio que o cerca.

Essa concepção epistemológica Piagetiana, baseada nos estágios de desenvolvimento cognitivo da criança/adolescente, discorre que o conhecimento construído é parte de uma interação entre o sujeito e o objeto, que pode ser influenciado de modo positivo ou negativo, pelas ações dos métodos pedagógicos desenvolvidos pelo professor. A partir desta reflexão, podemos elencar que o processo de construção do conhecimento efetiva-se se houver uma compreensão do educador a respeito do conhecimento já construído pelo aluno, em uma dimensão transformadora entre a assimilação e acomodação. Desta forma, o professor passa a ser o instigador de novos conhecimentos, em que proporciona no aluno um desequilíbrio cognitivo⁴, levando-o a refletir e formular novas ideias e hipóteses, integrando o novo conhecimento com o já construído. Esta concepção de método utilizada é chamada por muitos autores de teoria do construtivismo.

Nesta metodologia, Berher destaca:

[...] a idéia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do Indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação [...] (BERKER, 2009, p.2).

Piaget enfatiza em suas obras que a criança constrói conhecimento pelo desenvolvimento de suas estruturas cognitivas, constrói conhecimento a partir do conhecimento já formado. Piaget não é o pai do construtivismo, mas fomentou a ideia com suas teorias.

O construtivismo não é uma prática ou método de construção de conhecimento, mas é uma teoria que ilustra como o conhecimento é construído entre as interações do sujeito e objeto de conhecimento.

[...] é o produto de sucessivas construções, e o fator principal desse construtivismo é um equilíbrio por auto regulações que permitem remediar as incoerências momentâneas, resolver os problemas e superar as crises ou desequilíbrios por uma elaboração constante de novas estruturas que a escola pode ignorar ou favorecer, segundo os métodos empregados [...] (PIAGET, 1972, p. 42, 43).

Nesta interpelação, ampliar o conhecimento do educando, além dos dispostos nos conteúdos curriculares⁵ de ensino, é formular metodologias que estimulem e

⁴ Desequilíbrio cognitivo: É o estágio que possibilita ao aluno reformular o conhecimento já construído, modificando as estruturas cognitivas de modo a acomodar o novo conhecimento.

⁵ Conteúdos curriculares: Conteúdos que serão ensinados em determinado nível de ensino.

proporcionem a construção do conhecimento, pelo próprio aluno e que parta do conhecimento já estruturado em seus esquemas mentais, que vão além de uma aula tradicional⁶. “O ensino construtivista aponta a necessidade da cooperação entre os alunos, necessidade esta que não é observada e muito menos necessária no ensino tradicional. (RODRIGUES, 2015, p. 33).

A teoria de Piaget contribui significativamente para a educação, na qual os objetivos do ensino-aprendizado centram-se no aprendiz, alicerçada em uma pedagogia que: “Consiste em formar indivíduos capazes de autonomia intelectual e moral e respeitadores dessa autonomia em outrem” (PIAGET, 1973, p. 61).

A aprendizagem se efetiva através de atividades desafiadoras. Desta forma, as teorias de Jean Piaget contribuíram no processo de ensino na construção do conhecimento do movimento oscilatório, restaurando algumas aptidões de conceitos físicos, como: “Na presença de um fenômeno um pouco complexo (flexibilidade, oscilatória de um pêndulo)”, (PIAGET, 1972, p. 40) o aluno procura conciliar seu conhecimento já construído com os conceitos novos a respeito dos fenômenos envolvidos no movimento oscilatório periódico, proporcionando com tais práticas uma melhoria no ensino de Física.

⁶ Aula tradicional: Ministradas fielmente conforme consta na ementa da disciplina, sem levar em consideração o conhecimento que o aluno traz do meio em que convive.

3 ASPECTOS HISTÓRICOS

A concepção da ciência caracterizou um contexto significativo na transformação da sociedade por meio da ciência moderna, caracterizado pela configuração de obtenção de conhecimento solidificado. Neste processo, destacam-se os filósofos/cientistas que contribuíram para esta revolução, tais como Galileu Galilei, Nicolau Copérnico, Christiaan Huygens, entre muitos outros, que contribuíram significativamente para construção do conhecimento científico.

A concepção dos conceitos físicos a respeito do movimento oscilatório impulsionou com as observações de Galileu, ao verificar que os candelabros da Catedral de Pisa oscilavam de forma isocrônica, que sua amplitude era independente do período de oscilação, dando início ao estudo das características de Movimento Harmônico Simples (MHS). Para Galileu, o movimento dos corpos é imprescindível na observação e abordagem científica dos fenômenos naturais, inferindo-se que os movimentos são isócronos, natureza padrão de movimento repetitivo, para amplitudes pequenas, voltando praticamente ao ponto de partida e que o comprimento do pêndulo é proporcional ao período de oscilação. Tais descobertas contribuíram significativamente nas áreas da Física e Astronomia, revolucionaram o meio científico e descrevem os fenômenos físicos através da linguagem matemática.

Geymonat (1997, p. 16) descreve.

Galileu não busca uma matematização análoga àquela dos neoplatônicos que pretendiam encontrar nos números a essência dos fenômenos naturais. O que ele se propõe atingir através da matemática é, sobretudo, o rigor dos conceitos e deduções.

3.1 OSCILAÇÃO

Constantemente nos deparamos com diversos sistemas oscilatórios presentes no cotidiano, “tais como as oscilações de um corpo sobre uma mola, o movimento do pêndulo e as vibrações de um instrumento musical de corda”. (SERWAY, JEWETT, 2011, p. 410).

Em movimentos oscilatórios, há uma força restauradora atuando no corpo em oscilação de forma a restaurar sua posição de equilíbrio. “Quando uma partícula está sob o efeito de uma força restauradora linear, o movimento que realiza é um tipo especial de movimento oscilatório chamado movimento harmônico simples (MHS)” (SERWAY, JEWETT, 2011, p. 411), que são movimentos que se repetem em intervalos de tempos análogos. Movimento Harmônico Simples é o movimento resultante da força restauradora sofrida por um objeto ao ser deslocado de sua posição de equilíbrio, é proporcional ao deslocamento.

O conceito de sistema oscilatório é compreendido como a alternância, mudança de sentido do movimento de um corpo, perturbando seu estado de equilíbrio ao oscilar hora para uma direção, hora para outra direção, conforme mostrado na Figura 3.



Figura 3: Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.

Fonte: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-trajeto-do-movimento-do-balan%C3%A7o-da-corda-isolado-image41032266>

Descreve uma trajetória que altera seu sentido periodicamente. O caminho percorrido pelo objeto, em ambos os sentidos, descrevera a mesma amplitude (Figura 4) em intervalos de tempos idênticos, considerando um sistema conservativo.

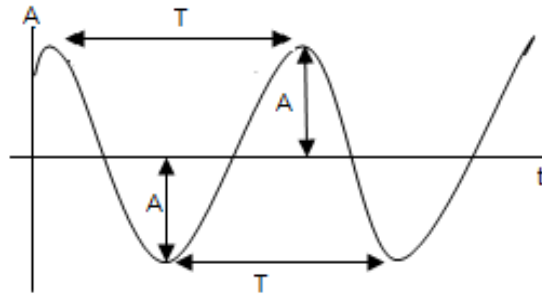


Figura 4: Representação da amplitude (A) e do período (T) em um movimento oscilatório de um objeto, descrevendo intervalos idênticos. (Reta vertical representa a amplitude (A); reta horizontal representa o tempo (t)).

Fonte: Autoria Própria.

A força restauradora é aplicada sobre o objeto em movimento, de forma a restaurar sua posição de equilíbrio. Submete-se a Lei de Hooke.

$$\vec{F} = -k \cdot \vec{x} \quad (1)$$

Onde: \vec{F} é a força aplicada (Newton), k é a constante elástica (Newton/metro), \vec{x} é a deformação da mola.

Força esta que se opõe ao sentido do descolamento, conseqüentemente, faz com que o objeto volte à posição de equilíbrio. Desta forma, a equação 1 tem sinal negativo.

O movimento harmônico simples (Figura 5) representa a oscilação de um objeto de massa (m) preso a uma mola, realizando deslocamento para a direita (a) e para a esquerda (c) do ponto de equilíbrio (b). Neste ponto de equilíbrio a mola não se encontra deformada.

(a) Quando o bloco é deslocado à direita do ponto de equilíbrio, a posição é positiva e a força e a aceleração são negativas. (b) Na posição de equilíbrio $x = 0$, a força e a aceleração do bloco são iguais à zero, mas a velocidade é máxima. (c) Quando a posição é negativa, a força e a aceleração do bloco são positivas. (SERWAY, JEWETT, 2011, p. 411)

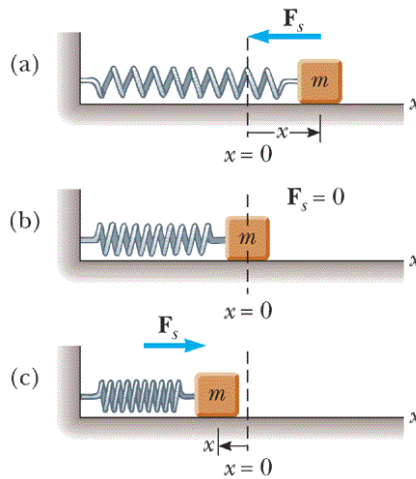


Figura 5: Representa o movimento oscilatório da mola, em relação a sua posição de equilíbrio. **Fonte:** Livro SERWAY; JEWETT, 2011, p. 411.

Um elemento que está sujeito a ação de uma força restauradora executa um MHS, empregando a equação matemática da segunda lei de Newton na equação 1. Obteremos:

$$\sum F = m \cdot a \rightarrow m \cdot a = -k \cdot x \quad (2)$$

Onde a derivada de 2ª ordem da posição em relação ao tempo, definida por,

$a = \frac{d^2 x}{dt^2}$, substituída na equação 2, obtemos:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m} \cdot x \quad (3)$$

Se designarmos a razão k/m pelo símbolo ω^2 , ao invés de ω para simplificar a forma da solução, temos que:

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad (4)$$

Substituindo a equação 4 na equação 3, obtemos a seguinte equação:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 \cdot x \quad (5)$$

Ao considerar a equação do movimento oscilatório do sistema massa-mola, dada por $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$, de forma que A , ω e φ permanecem constante, temos que ela é solução da equação 5.

O ω da equação 5 representa a frequência angular de oscilação.

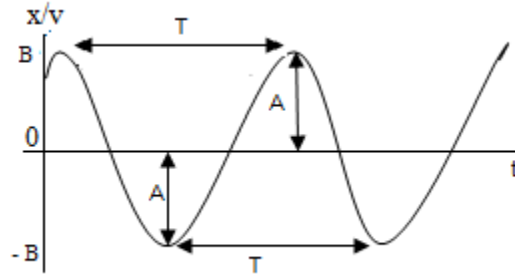


Figura 6: Ilustração gráfica que demonstra a posição da partícula em relação ao tempo.

Fonte: Autoria própria.

Assim, na figura 6, os valores de x e v para partícula no tempo t equivalem aos valores de x e v no tempo $t + T$. Podemos relacionar o período à frequência angular, valendo-nos do fato de que a fase aumenta em 2π radianos no tempo T . Desta forma, obtemos o período em relação a frequência angular, resultando:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (6)$$

No movimento oscilatório, o período é o inverso da frequência (f) e determina a quantidade de oscilações executada por unidade de tempo, onde é definida por:

$$f = \frac{1}{T} \quad (7)$$

A partir das equações 4 e 7, define-se o período de movimento oscilatório do sistema massa-mola, onde:

$$T = 2\mu \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (8)$$

Em conclusão, “O período e a frequência dependem apenas da massa da partícula e da constante elástica da força da mola, e *não* dos parâmetros do movimento, como A ou φ .” (SERWAY, JEWETT, 2011, p. 414).

3.2 PÊNDULO SIMPLES

O pêndulo simples é um conjunto que realiza movimento oscilatório periódico, em torno de um ponto de equilíbrio, sujeito a uma força restauradora (força gravitacional), constituído por objeto de massa (m) fixado pela extremidade por um fio de comprimento (L) não extensível, conforme figura 7, correspondendo a um movimento harmônico simples para pequenas amplitudes de oscilações pendulares.

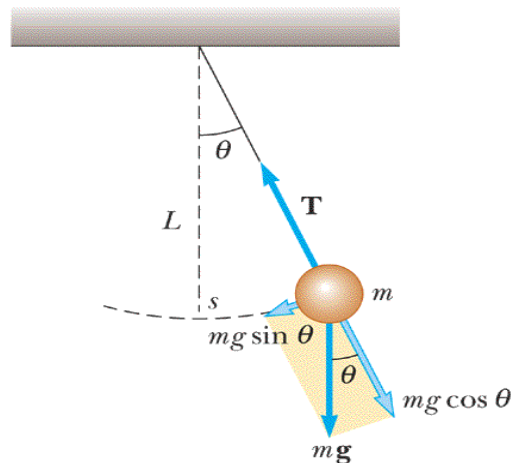


Figura 7: O Pêndulo Simples. Quando θ é pequeno, o movimento de um pêndulo simples pode ser modelado como movimento harmônico simples pela posição de equilíbrio $\theta = 0$.

Fonte: Livro SERWAY; JEWETT, 2011, p. 423.

As forças que atuam sobre o corpo são a tração \vec{T} atuando ao longo do fio e a força peso gravitacional $\vec{P} = m\vec{g}$. A componente tangencial da força gravitacional $P_x = mg \sin \theta$ sempre age na direção de $\theta = 0$, oposta ao deslocamento. (SERWAY, JEWETT, 2011, p. 423)

Aplicando a Segunda lei de Newton, na direção tangencial do movimento pendular, temos que:

$$\sum F_t = m \cdot a_t = -mg \sin \theta \quad (9)$$

Onde o sinal negativo da equação 9 representa a força restauradora, que corresponde a componente tangencial, que atua no objeto em direção ao ponto de equilíbrio. A aceleração tangencial da equação 9 é dada por $a_t = \frac{d^2 s}{dt^2}$, onde $s = L \cdot \theta$. Substituindo a aceleração tangencial na equação 9, obtemos:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = - \frac{g}{L} \sin \theta \quad (10)$$

Usando a aproximação do ângulo pequeno⁷, na qual $\sin \theta \approx \theta$, onde θ é medido em radianos. Então, para ângulos pequenos, a equação 10 de movimento torna-se:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = - \frac{g}{L} \theta \quad (\text{para valores pequenos de } \theta) \quad (11)$$

Tabela 01. Ângulos e senos de ângulo.

Ângulo (Graus)	Ângulo em Radianos	Senos do Ângulo	Diferença Percentual (%)
0	0,0000	0,0000	0,0
1	0,0175	0,0175	0,0
2	0,0349	0,0349	0,0
3	0,0524	0,0523	0,0
5	0,0873	0,0872	0,1
10	0,1745	0,1736	0,5
15	0,2618	0,2588	1,2
20	0,3491	0,3420	2,1
30	0,5236	0,5000	4,7

Fonte: Livro do SERWAY; JEWTT, 2011, p. 423.

Comparando as equações 5 e 11, verificamos que a frequência angular para um pêndulo simples é dada por:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (12)$$

O período do movimento é:

⁷ O pêndulo não exibe movimento harmônico simples verdadeiro para nenhum ângulo. Se o ângulo é menor que 10°, o movimento é próximo e pode ser modelado como harmônico simples.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (13)$$

No movimento oscilatório simples, o período e a frequência necessitam somente do comprimento do fio e da aceleração da gravidade local. Conclui-se que pêndulos de igual comprimento de fio, independente da sua massa, realizam oscilações com períodos idênticos.

3.3 PÊNDULO FÍSICO

Quando o objeto oscilante é um corpo rígido suspenso, que se movimenta livremente em torno de um ponto fixo, deslocando-se em torno de um eixo de rotação perante a ação do seu próprio “peso” e submetido a um torque restaurador por ação da gravidade, consideramos este sistema um pêndulo Físico. Levando em consideração que a massa constituinte do corpo esteja reunida de modo a permanecer inalterável ao se deslocar, desta forma, podemos considerar um único ponto representativo, denominado de centro de massa (CM), como se toda a massa deste se encontrasse em um unico local e as forças externas fossem submetidas neste ponto, conforme figura 8.

Quando um objeto move-se livremente em torno de um ponto de equilíbrio O , submetido à ação da força peso gravitacional, a componente tangencial da força gravitacional gera um torque restaurador, e o módulo deste torque é $mgd \sin \theta$, sendo limitado a mover-se em torno de um eixo fixo O . Na aplicação da forma rotacional da Segunda Lei de Newton, $\sum \tau_{ext} = I\alpha$, onde I é o momento de inércia do corpo em relação ao eixo que passa através de O . O resultado é:

$$-mgd \sin \theta = I \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (14)$$

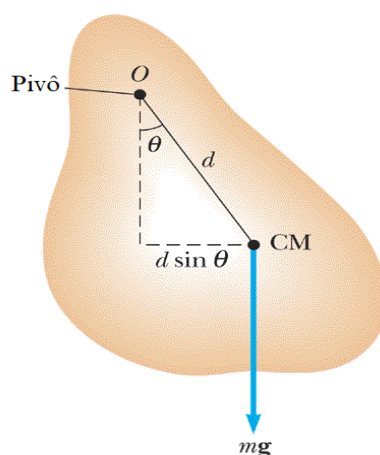


Figura 8: Um pêndulo físico centrado em O , em que o torque restaurador ($mgd \sin \theta$), sendo o $\theta = 0$ em condição de equilíbrio, o CM está precisamente sob o ponto de pivô.

Fonte: Livro do SERWAY, JEWETT, 2011, p. 425.

O sinal negativo indica que o torque em relação a O tende a diminuir θ . Isto é, a força gravitacional produz um torque restaurador. Se supusermos que θ é pequeno, a aproximação $\sin \theta \approx \theta$ é válida e a equação de movimento é reduzida para:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = - \left(\frac{mgd}{I} \right) \theta = -\omega^2 \theta \quad (15)$$

Onde a frequência angular é:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}} \quad (16)$$

O período do movimento é:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{I}{mgd}} \quad (17)$$

Nota-se que, em pequenas amplitudes, o pêndulo físico descrevera um MHS. Salientamos que o período de oscilação é independente da massa do corpo rígido, alterando o formato, disposição da massa e o centro de gravidade no objeto oscilante, ocorrerá uma alteração no momento de inércia sobre o ponto de suspensão, alterando o período de oscilação em torno do eixo de equilíbrio.

3.4 Momento de Inércia

Para um corpo que não é composto de massa puntiforme discreta, mas sim de uma distribuição contínua de matéria, o somatório usado na definição de momento de inércia, $I = \sum mr^2$, deve ser calculado pelos métodos do cálculo integral. (SEARS, ZEMANSKI e YOUNG, 1983, p. 207).

Se o momento de inércia I_{cm} de um corpo em relação a um eixo que passa por seu centro de massa for conhecido, então, o momento de inércia I_p , em relação a um outro eixo qualquer paralelo ao primeiro, mas deslocado uma distância d , pode ser facilmente obtido, através de uma relação chamada de Teorema dos Eixos Paralelos, que diz: $I_p = I_{cm} + Md^2$. (SEARS, ZEMANSKI e YOUNG, 1983, p. 219)

A figura 9 fornece os momentos de inércia⁸ de alguns objetos em relação a um eixo perpendicular.

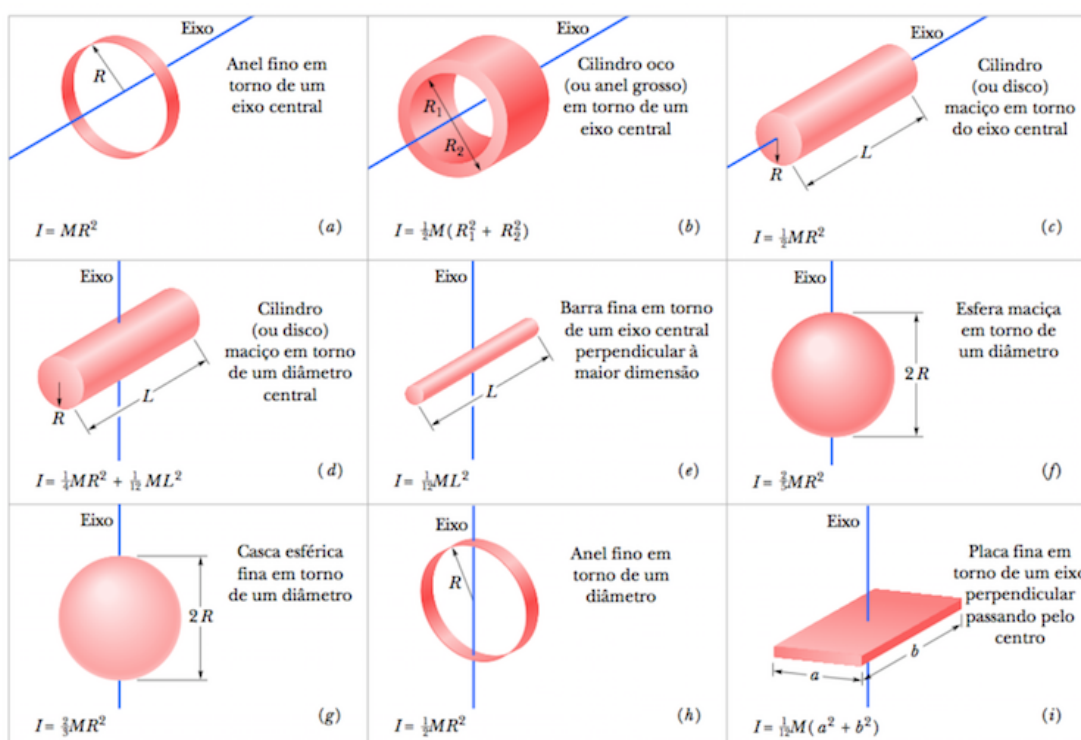


Figura 9: Representação do momento de inércia de alguns corpos rígidos.

Fonte: Livro do HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2006, p. 631.

⁸ Expressa a resistência em alterar o estado de movimento de uma partícula.

4. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo explica a aplicação do produto educacional (Apêndice B), sendo o mesmo no formato de uma sequência didática⁹ composta por cinco atividades desenvolvidas em 10 aulas, com duração de 50 minutos cada.

1. Primeira atividade: destinada a explicar o objetivo do produto educacional e aplicação do pré-teste;
2. Segunda atividade: exposição dos diferentes tipos de pêndulo e sua relevância no desenvolvimento da sociedade, apresentação do conceito fenomenológico do movimento oscilatório e tópicos a serem observados no desenvolvimento das atividades experimentais;
3. Terceira atividade: simulação experimental utilizando o simulador PhET;
4. Quarta atividade: desenvolvimento matemático do movimento oscilatório;
5. Quinta atividade: aplicação da avaliação do pós-teste.

A aplicação do produto educacional tem como objetivo proporcionar uma interação do educando com o conteúdo proposto, desenvolvida de forma expositiva e dialogada, entre aluno/professor, aluno/aluno, dentro de um enfoque construtivista, de modo atrativo e motivador. Desta forma, os educandos expõem seus conhecimentos acerca do conteúdo proposto, em iniciativas de reflexão sobre suas próprias colocações, conflitos de ideias e pontos de vista divergentes, em relação ao entendimento do contexto. A didática desenvolvida nas diversas situações, como “Trabalho de equipe, debates, exposições e, sobretudo, diálogos, será a melhor fonte de informação do verdadeiro domínio do termo e o meio mais adequado para poder oferecer a ajuda de que cada aluno precisa” (ZABALA, 1983, p. 205), em contribuição com a construção e o desenvolvimento da aprendizagem.

Para análise qualitativa/quantitativa da eficácia da aplicação do produto educacional, foram validadas questões sobre o conteúdo exposto, aplicadas no início do desenvolvimento do produto (pré-teste), como instrumento de coleta de informações, de maneira a verificar o conhecimento já estruturado do educando. Após a aplicação da sequência, realizamos um pós-teste, através de questões idênticas ao pré-teste, com o intuito de verificar a assimilação do conteúdo proposto.

⁹ Conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos. (ZABALA, 1998, p. 18)

O pré-teste e o pós-teste foram elaborados com questões descritivas e de múltipla escolha, num total de oito questões, correspondentes ao contexto de movimento oscilatório, em análise do conhecimento já estruturado, em relação aos conceitos de período, frequência, amplitude e força gravitacional.

Os relatos na sequência descrevem o desenvolvimento, observações realizadas e a análise da intervenção da sequência didática proposta.

4.1 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE

O pré-teste (item 4.1.3 do produto educacional - PE) foi aplicado em uma turma da 1ª série do ensino médio da rede pública Estadual do Paraná, no município de Francisco Beltrão, em uma turma composta por 26 alunos, desenvolvido entre os meses de novembro/2018 e dezembro/2018. O questionário aplicado continha oito questões, das quais três são dissertativas, que possibilitaram o educando manifestar-se livremente sobre o conhecimento já construído do movimento oscilatório, e cinco questões de múltipla escolha, nas quais o educando escolhe uma alternativa correta, em um conjunto com cinco alternativas, com o intuito de resgatar e relacionar os conceitos de movimento oscilatório.

Na sequência serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação do pré-teste, referente à primeira atividade do produto educacional.

1ª Questão: O que você entende por movimento oscilatório?

Apresentação do resultado: Identificou que a maioria dos alunos não tinha conhecimento prévio deste fenômeno físico, sendo que 84,6% (Figura 10 e 11) não apresentam qualquer conhecimento a respeito do movimento oscilatório e 15,4% (Figura 12) apresentaram, em suas respostas, ter um conhecimento prévio satisfatório sobre o assunto, ao descrever que movimentos oscilatórios ocorrem com mudança de posição em intervalos de tempo e retornam a sua posição de inicial.

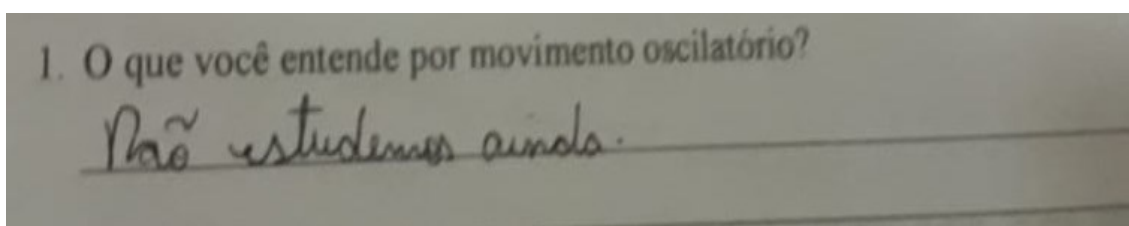


Figura 10: Questão 1, discursiva do Pré-teste. Resposta de um aluno da turma, que referencia não ter estudado ainda sobre movimento oscilatório. **Fonte:** Autoria própria.

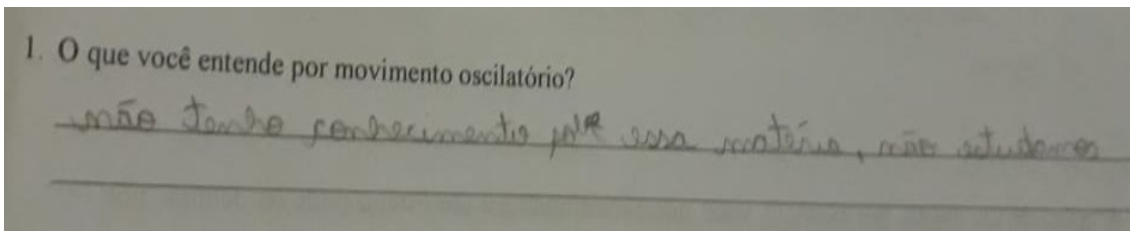


Figura 11: Questão 1, discursiva do Pré-teste. Resposta de um aluno da turma, que referencia não ter conhecimento sobre o assunto. **Fonte:** Autoria própria.

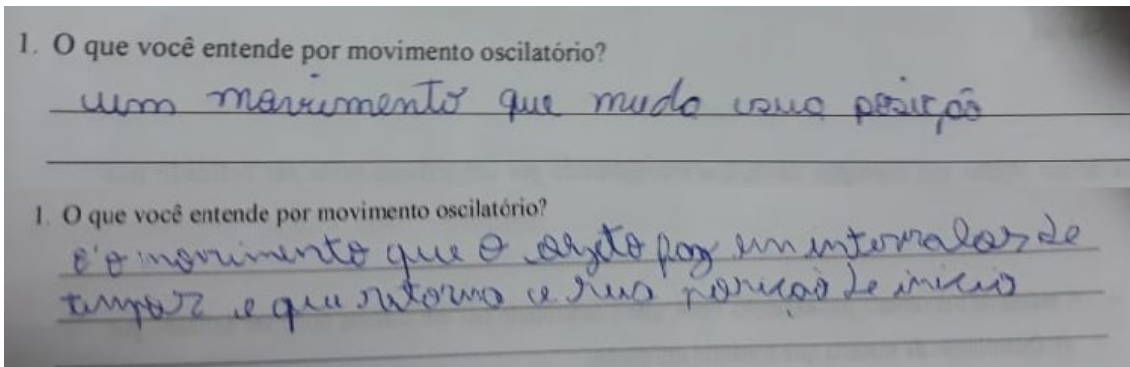


Figura 12: Questão 1, discursiva do Pré-teste. Respostas de dois alunos da turma que apresentam conhecimentos elementares sobre o assunto. **Fonte:** Autoria própria.

2ª Questão: Na sua concepção, você conseguiria definir o que são pêndulos? Se considerar melhor, pode representa-los em forma de desenho.

Apresentação do resultado: Constatou-se que cerca de 92,3% (Figura 13) dos alunos responderam que não tinham conhecimento sobre pêndulo e 7,7% (Figura 14) conceituaram pêndulo como sendo corpos que estão suspensos e ficam se movimentando, que elabora conceitos aceitáveis para este momento da intervenção.

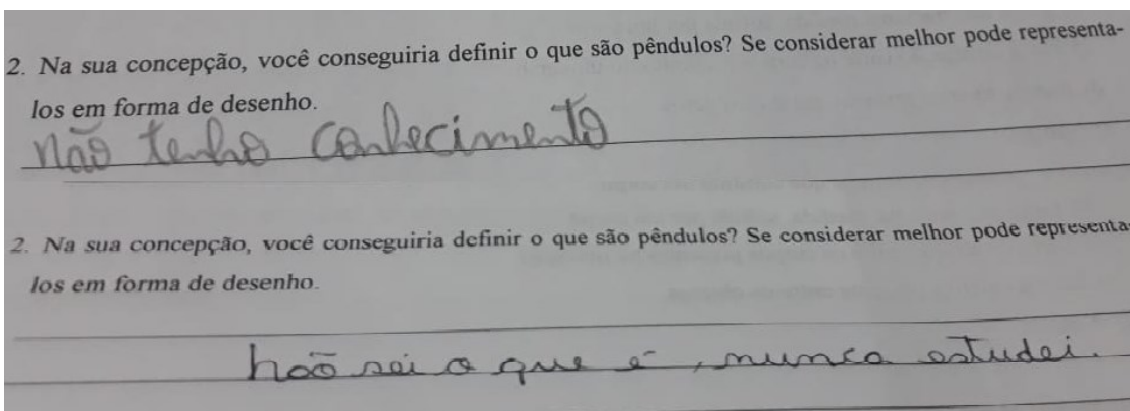


Figura 13: Questão 2, discursiva do Pré-teste. Respostas de dois alunos da turma, que referenciam não apresentar conhecimento sobre o questionamento. **Fonte:** Autoria própria.

2. Na sua concepção, você conseguiria definir o que são pêndulos? Se considerar melhor pode representá-los em forma de desenho.

São objetos sustentados no ar por um fio ou cabo

Figura 14: Questão 2, discursiva do Pré-teste. Resposta de um aluno da turma, que apresenta, na situação do pré-teste, conhecimentos elementares sobre pêndulo. **Fonte:** Autoria própria.

3ª Questão: Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?

Apresentação do resultado: Identificou-se que 88,5% (Figura 15) não souberam reconhecer exemplos de pêndulo em seu cotidiano, 3,8% não responderam à questão. Constata-se que não possuíam conhecimento, em relação ao movimento pendular, ao passo que 7,7% (Figura 16) identificaram parcialmente, mas não conseguiram explicar o fenômeno físico.

3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?

Não tenho conhecimento

3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?

Não sei

Figura 15: Questão 3, discursiva do Pré-teste. Respostas de dois alunos da turma, que referenciam não apresentar conhecimento sobre o questionamento. **Fonte:** Autoria própria.

3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?

com um objeto que se movimenta

Figura 16: Questão 3, discursiva do Pré-teste. Resposta de um aluno da turma, menciona o movimento, mas não referencia em forma de exemplos. **Fonte:** Autoria própria.

O gráfico 1 sintetiza a análise dos resultados das questões iniciais do pré-teste, antes da intervenção do professor.

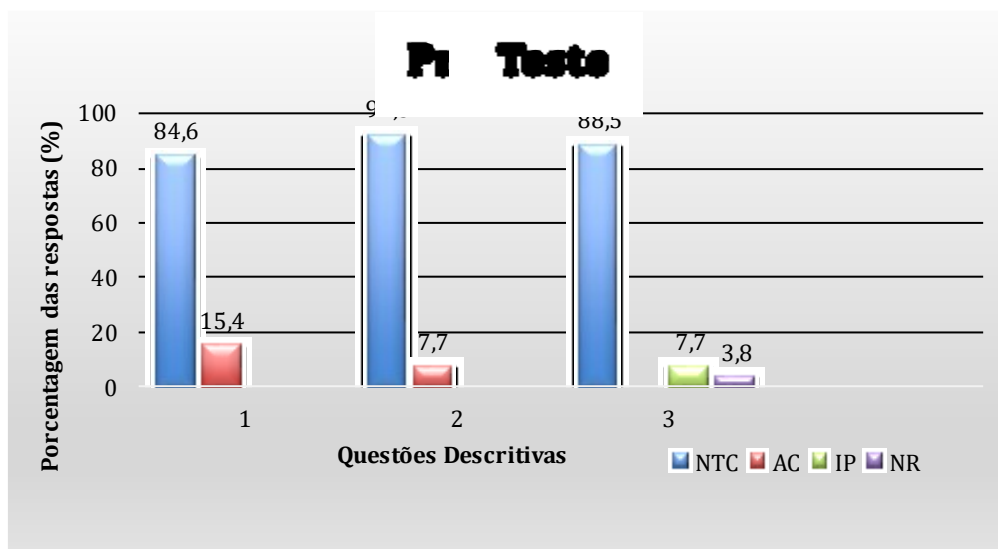


Gráfico 1: Representação dos resultados do pré-teste, das questões dissertativas: 1^a movimento oscilatório; 2^a Definir o que é pêndulo; 3^a Exemplos de pêndulos no cotidiano. (NTC: não tem conhecimento; AC: Apresentam conhecimento do assunto; IP: identifica parcialmente; NR: não responderam). **Fonte:** Autoria própria.

O fato do aluno não apresentar na totalidade o conhecimento do movimento oscilatório não implica um desconhecimento dos conceitos associados ao assunto questionado. (ZABALA, 1998, P.202)

4^a Questão: O período do Movimento oscilatório de um sistema pode ser definido por:

Apresentação do resultado: Cerca de 7,7% relacionaram a alternativa “b” que indicava “ é o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico”, não sendo a resposta adequada no momento, mas relacionada ao conhecimento já adquirido, pois identificou um movimento de ida e volta em um intervalo de tempo; 11,5% associaram a letra “c” com o movimento periódico do pêndulo, alternativa esta que descreve “o intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial”, satisfazendo o objetivo do conceito proposto, 80,8% responderem a alternativa “e” “não sei”, demonstrando não ter conhecimento do assunto.

5^a Questão: A frequência do Movimento oscilatório de um sistema pode ser definida por:

Apresentação do resultado: Cerca de 7,7% assinalaram a resposta “a”, incorreta, que se refere ao “movimento descrito pelo objeto em sua trajetória”, 11,5% assinalaram a alternativa “b”, correta, que se refere ao “número de oscilações descritas

pelo objeto em intervalos de tempo específico”, atendendo o proposto, 80,8% marcaram a alternativa “e” “não sei”.

Constatamos que, 7,7% dos alunos que marcaram corretamente a questão anterior acertaram está também, 88,5% dos alunos não responderam satisfatoriamente à questão, apresentando um desconhecimento a respeito do conceito de frequência em movimentos oscilatórios.

6ª Questão: A massa de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema, pode ser definido por:

Apresentação do resultado: Verificou-se que 46,2% dos estudantes assinalaram a alternativa “a”, correta, que menciona: “Quantidade de matéria que constitui um corpo”, satisfazendo o entendimento do conceito de massa, 11,5% marcaram a alternativa “b”, que se refere à “força gravitacional medida, sofrida por um corpo”, 3,8% dos alunos escolheram a alternativa “c” como a correta, que descreve que a massa do corpo é “a força de atração entre os corpos no universo”, não atendendo o que se pede na questão, 38,5% responderam a alternativa “e” “não sei”.

7ª Questão: O peso de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema, pode ser definido por:

Apresentação do resultado: Cerca de 26,9% marcaram a alternativa “a”, referindo-se a peso como “quantidade de matéria que constitui um corpo”, 19,2% dos educandos marcaram a alternativa “b”, definindo peso sendo a, “força gravitacional medida, sofrida por um corpo”, conceituando corretamente a definição de peso de um objeto, 7,7% assinalaram a alternativa “c” que se refere à “força de atração entre os corpos presente no universo”, não satisfazendo totalmente o conceito de peso, e 46,2% responderam a alternativa “e” “não sei”.

8ª Questão: A gravidade, força reguladora dos objetos, pode ser definida por:

Apresentação do resultado: Cerca de 3,8% assinalaram a alternativa “a” que descreve gravidade sendo “quantidade de matéria que constitui um corpo”, 23,1% assinalaram a alternativa “b” que relata “força gravitacional medida, sofrida por um corpo”, sendo parcialmente satisfatório para o que se pede na questão, 23,1% marcaram a alternativa “c”, correta, “Força de atração entre os corpos presentes no universo”, satisfazendo o conceito de gravidade, 50% assinalaram a alternativa “e” “não sei”.

O gráfico 2 representa o resultado em porcentagem de acertos por questões de múltipla escolha, abordadas no pré-teste, antes da intervenção do professor.

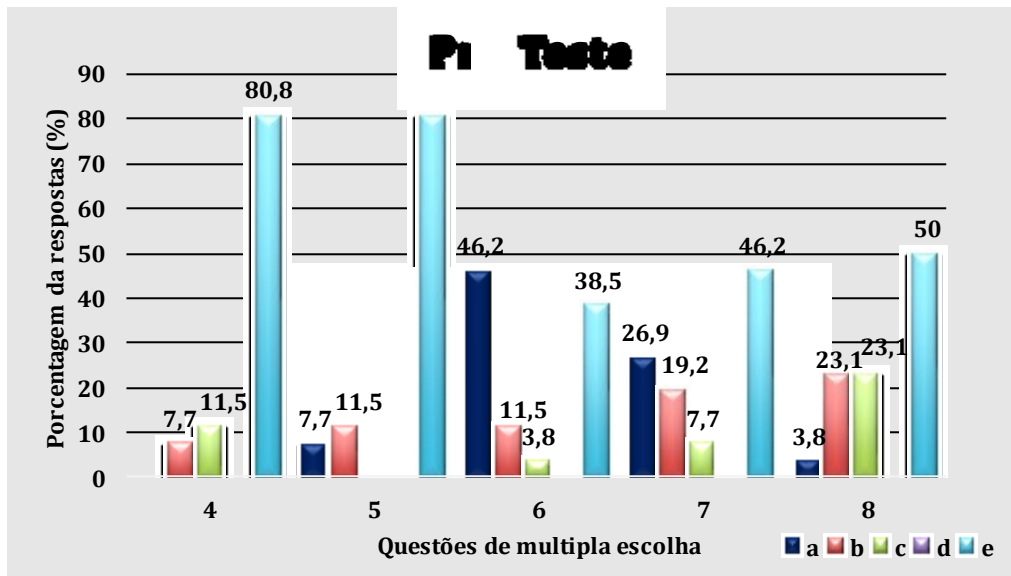


Gráfico 2: Representação dos resultados do pré-teste, das questões de múltipla escolha, 4º Período do movimento oscilatório (resposta mais apropriada c); 5º Frequência do movimento oscilatório (resposta mais apropriada b); 6º Massa dos corpos (resposta mais apropriada a); 7º Peso de um objeto (resposta mais apropriada b); 8º Força gravitacional (resposta mais apropriada c). (a; b; c; d; e, representam as alternativas). **Fonte:** Autoria própria.

Por meio da aplicação do pré-teste e do resultado obtido, traçamos estratégias e metodologias de forma a organizar a aula, seja por meio de experimentos ou debates sobre o assunto durante as atividades, “os materiais que utilizamos, cada uma destas decisões vincula determinadas experiências educativas” (ZABALA, 1998, p. 29), a fim de sanar a defasagem e aprimorar o conhecimento pré-existente, através de suas concepções em relação ao conceito de movimento oscilatório e periódico, no que tange a pêndulos, mais diretamente ao físico. Compreendemos com a verificação dos resultados do pré-teste que os educandos possuem um entendimento sobre oscilações, mas de forma superficial, sem associar os fenômenos oscilatórios com as aplicações e ocorrências destes no cotidiano. Segundo Piaget (1964), o sujeito assimila conhecimento quando ocorreu um desequilíbrio cognitivo. Desta forma, nas próximas atividades, estimularemos nos alunos um desequilíbrio cognitivo para que busquem um equilíbrio acerca do contexto desenvolvido no produto educacional (PE).

4.2 ANÁLISE DA DIFERENCIAÇÃO DOS PÊNDULOS

Esta atividade procura objetivar o ensino/aprendizado do educando, de forma mais atrativa e motivadora, por meio de debates entre alunos e professor, pelo

desenvolvimento de atividades experimentais, levando-os a uma compreensão científica entre o conhecimento já adquirido anteriormente e o novo, para que possam ter uma assimilação dos conceitos de oscilação pendular, alcançando, ao final da aplicação do produto, um conhecimento cognitivo.

O desenvolvimento de atividades experimentais pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar física. De acordo com a nossa experiência, quando o professor introduz os experimentos em sala de aula, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos. Neste momento, ele poderá optar por uma determinada didática que inclua o uso de atividades experimentais (ALVES, 2006, p.13).

Desta forma, destacaremos como o auxílio das atividades experimentais pode contribuir significativamente no ensino/aprendizado do sujeito.

4.2.1 Análise dos conceitos pendulares

Nesta atividade, (item 4.2.3 - PE) foram explanados conceitos envolvendo os movimentos oscilatórios e periódicos, de forma a resgatar conceitos vistos anteriormente, abordando novos conceitos através de uma interação entre aluno/professor, aluno/aluno. As atividades estabelecem uma relação entre professores e alunos de forma a produzir um efeito educativo que possibilita o aprendizado (ZABALA, 1998, p. 89).

Neste contexto, surgiram vários questionamentos a respeito dos conceitos e aplicações dos pêndulos, e das questões que envolveram o pré-teste.

Desta maneira, constatamos que a maioria dos alunos demonstrou curiosidade e interesse em aprimorar seus conhecimentos a respeito do assunto, comentavam que um balanço de criança era um pêndulo, o balançar de um galho de árvore quando o vento batesse poderia ser um exemplo de movimento oscilatório.

Em seguida, foram explicadas algumas aplicações dos pêndulos, discutindo quais seriam as condições para que ocorressem os movimentos oscilatórios¹⁰ e periódicos¹¹, quais as condições que o tornava um MHS e a importância que tiveram na história e no desenvolvimento científico da sociedade. Por exemplo:

¹⁰ Movimento de uma partícula entorno de um ponto de equilíbrio, movendo-se periodicamente, desempenhando trajetória similar em ambos os sentidos.

¹¹ Quando o movimento de um corpo descreve uma trajetória, e a partir de um certo instante começa a repetir esta trajetória, dizemos que esse movimento é periódico (TAVARES, 2004, p.2).

Galileu Galilei, ao assistir uma missa na Catedral de Pisa, ficou intrigado com o movimento dos candelabros, pois pareciam que, candelabros que possuem amplitudes maiores, levam o mesmo tempo para ir de um lado ao outro, que candelabros de amplitude menores, realizando experiências em sua casa de oscilações, desenvolveram o primeiro relógio de pêndulo (GEYMONAT, 1997).

Jean Bernard Léon Foucault construiu um pêndulo para comprovar que a Terra girava em seu próprio eixo, teoria esta desenvolvida ao realizar uma demonstração no Panthéon de Paris com um pêndulo de 67 metros de comprimento ligado a uma esfera de 28 kg.

Em análise aos questionamentos apresentados pelos educandos a respeito dos movimentos oscilatórios e periódicos, nota-se um desconhecimento a respeito de alguns conceitos pendulares, fazendo-se necessária uma explanação mais aprofundada e com clareza destes conceitos.

Portando, sugerimos aos alunos a realização de procedimentos experimentais envolvendo pêndulo simples e pêndulo Físico. “A experiência física consiste em agir sobre o objeto e descobrir as propriedades por abstração, partindo dos próprios objetos” (PIAGET, 1972, p.39), de maneira a caracterizar, com a atividade, momentos significativos para o estudante, contribuindo no desenvolvimento da curiosidade, construção e reconstrução do ensino/aprendizado.

Segundo a teoria Piagetiana, as atividades experimentais provocam na criança o desequilíbrio dos esquemas mentais. Desta forma, as intervenções práticas contribuem para um equilíbrio e adaptação do conhecimento.

4.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE PÊNDULO SIMPLES

No segundo momento, explanamos aos alunos os procedimentos da atividade experimental que realizariam nesta aula. Após a explanação, foi entregue a cada grupo um roteiro da atividade que deveriam desempenhar, contendo uma descrição detalhada do desenvolvimento da construção do pêndulo simples e um questionário para que pudessem estruturar seus conhecimentos. (Item 4.2.5.1 PE)

Durante a observação, verificou-se que os educandos procuraram diferentes locais para realizar a atividade (Figura: 10 e 11) e demonstraram interesse em realizar a atividade. Encontraram algumas dificuldades de compreensão dos conceitos que permeiam o pêndulo simples. Neste momento, ocorreu a interferência do professor com

alguns questionamentos, tais como “o que você compreende por período”, “como é realizada a média dos períodos”, “qual a necessidade de realizar várias vezes o experimento com o mesmo comprimento do pêndulo”, esclarecendo que as oscilações devem ocorrer com amplitudes pequenas ($\theta < 10^\circ$), deste modo a amplitude não interfere no período de oscilação, considerando-o um movimento harmônico simples.

Com a intervenção e os debates que surgiram, começaram a desenvolver a atividade com mais entusiasmo, relatando que estavam compreendendo melhor os conceitos que envolviam os movimentos oscilatórios. A maioria dos alunos percebia que ao alterar o comprimento do fio (pêndulo) ocorria alteração no período de oscilação, se modificassem a massa da esfera do pêndulo, o período não se alterava.

Após o experimento, realizaram a comparação entre o período experimental e o teórico, discutindo os fatores que ocasionam erros no desenvolvimento da atividade.



Figura 17: Alunos desempenham as atividades, em sala, de pêndulo simples em determinação do período de oscilação.

Fonte: Própria autoria.



Figura 18: Representação das atividades, em sala, de pêndulo simples, desempenhadas pelos alunos.

Fonte: Própria autoria.

Conclusão do professor

Constatamos uma dinâmica dos estudantes na realização da atividade, os quais demonstraram interesse no desenvolvimento da atividade e na compreensão dos conceitos de oscilação pendular, procurando pontos na sala de aula que pudessem realizar com precisão a atividade, seguindo o roteiro. Após algumas compreensões, desenvolveram seus próprios pêndulos. Constataram que, ao alterar o comprimento do fio, alterava o período de oscilação, sendo o único fator que modifica o valor do

período, lembrando-os que isto ocorre em pequenas amplitudes, chegando a um estágio de construção cognitiva.

A aplicação desta atividade internalizou a teoria à prática, despertando no aluno o interesse pela física, ao observar seus questionamentos e apontamentos no desenvolver da atividade, resulta em um equilíbrio dos conceitos, satisfatórios, em conformidade com o estágio de compreensão dos alunos para o ensino médio.

4.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE PÊNDULO FÍSICO

Nesta atividade experimental, (Item 4.2.5.2. - PE) foi sugerido aos alunos que desenvolvessem experimentos sobre movimento oscilatório e periódico do pêndulo físico, com o intuito de verificar o valor do período, relacionando-o ao momento de inércia, gravidade local, distribuição de massa e amplitude.

Previamente, explanamos aos alunos os procedimentos a serem realizados no experimento como: “Montagem do pêndulo”, “identificação da amplitude com a trigonometria¹² para definir o ângulo” e “determinação do período em diferentes amplitudes de ângulo”.

Em seguida, foi entregue a cada grupo um roteiro com passo a passo do desenvolvimento da atividade e da confecção do pêndulo físico, item 4.2.5.2.3 presente no produto educacional.

Para a realização do procedimento desta atividade experimental, os alunos utilizaram uma balança digital (Figura 12) para verificar a massa da barra, uma barra de madeira fixada a um suporte de madeira (Figura 13 e 14) por parafuso, porcas, arruelas (Figura 15), para a confecção de modelos experimentais relacionados a pêndulos físicos.

Após a montagem dos pêndulos, encontraram a amplitude desejada através das equações trigonométricas, em seguida de posse da régua milimétrica obtiveram a medida da amplitude encontrada entre o ponto de equilíbrio e o ângulo pretendido, com a finalidade de determinar o período de oscilações do pêndulo. Os alunos utilizaram o cronometro digital disposto no celular, de modo a determinar o período do pêndulo físico pelas médias aritméticas¹³.

¹² São equações matemáticas que auxiliam na determinação do ângulo do pêndulo, por meio da razão do seno, cosseno e tangente do triângulo retângulo.

¹³ Média dos valores do período encontrado para cada amplitude analisada, definida pela soma dos períodos de cada ângulo dividido pela quantidade de períodos verificados.

Após a realização experimental, os alunos preencheram as tabelas dispostas no roteiro (Item 4.2.5.2.3 PE), ao compararem as médias obtidas para o período do pêndulo em cada amplitude realizada, confrontando os valores entre os grupos e, realizaram comparação entre os valores experimentais e teóricos, construindo suas próprias conclusões sobre as diferenças encontradas entre as medidas.



Figura 19: Imagem ilustrativa da balança digital utilizada na verificação da massa da barra.
Fonte: Autoria própria.

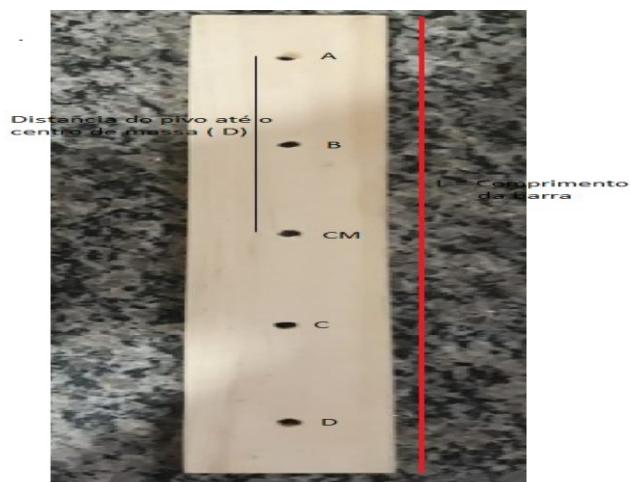


Figura 20: Barra de madeira que será fixada ao suporte.
Fonte: Autoria Própria



Figura 21: Suporte de madeira no qual será fixada a barra, para o desenvolvimento da atividade experimental. **Fonte:** Autoria própria.



Figura 22: Parafuso, arruelas e porcas utilizadas para fixar a barra de madeira ao suporte.
Fonte: Autoria própria

Verificou-se que os educandos demonstraram interesse em realizar a atividade. Entretanto, encontraram dificuldades de compreensão dos conceitos que permeiam o

movimento oscilatório e periódico do pêndulo físico. Neste momento, ocorreu a intervenção do professor na verificação da compreensão destes conceitos, com algumas problematizações, tais como:

Lembram-se do período do pêndulo simples da atividade anterior que, “o seu período de oscilação alterava-se com o comprimento do fio” e “que a massa não alterava o período”?

No pêndulo físico em análise, “se alterarmos a massa”, “o ponto de fixação do eixo de rotação da barra”, “o período e o momento de inércia se alteram”?

Uma pequena porcentagem de alunos respondeu satisfatoriamente as indagações. Expressaram que, ao alterarmos a massa, o ponto de fixação e o momento de inércia, teríamos uma alteração nos valores para o período de oscilação.

Alguns alunos questionaram o porquê deveriam encontrar o período médio de três oscilações e o motivo de repetir dez vezes este procedimento para cada ângulo de amplitude. De fato, esta pergunta foi muito pertinente. Indaguei se eles tinham certeza que a medida de uma oscilação era precisa. Alguns responderam que sim, outros que não, porque não seria possível disparar e parar o cronômetro com precisão (definição dos alunos). Frente a estas indagações, argumentou-se com os alunos que a média de dez oscilações ou mais permite que tenham uma medida mais precisa para determinar o período do experimento.

Observou-se na realização do experimento um entusiasmo na realização da atividade e empenho na compreensão dos conceitos abordados, não sendo evidenciado nas aulas teóricas. Apresentaram um amadurecimento na forma de lidar com as situações adversas encontradas no desenvolvimento do experimento, compreendendo a importância da associação entre as atividades práticas com as teóricas.

Concluíram a atividade experimental preenchendo as tabelas propostas e realizaram a comparação entre o período teórico e experimental, em um debate entre a classe, sobre os conceitos que permeiam movimentos oscilatórios pendulares e prováveis erros que possam ocorrer na realização do experimento.

As figuras abaixo apresentam os alunos durante a realização das atividades propostas na intervenção do produto educacional.



Figura 23: Grupo de alunos trabalhando na montagem do experimento do pêndulo físico.

Fonte: Autoria própria.

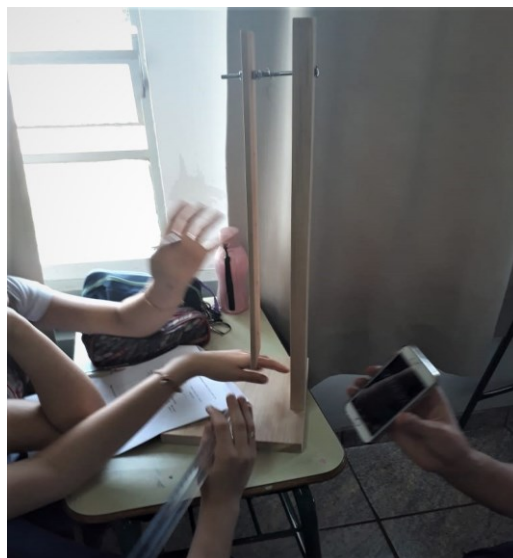


Figura 24: Alunos determinam o período de oscilação da barra de madeira utilizando o cronômetro do celular.

Fonte: Autoria própria.



Figura 25: Alunos manipulam o pêndulo físico, em verificação do movimento oscilatório.

Fonte: Autoria própria



Figura 26: Grupo de alunos interagindo na atividade, em verificação ao período de oscilação.

Fonte: Autoria própria.

Conclusão do professor

Constatamos que os alunos apresentavam dificuldades em associar e diferenciar alguns conceitos entre o movimento oscilatório do pêndulo simples com o pêndulo físico. No entanto, mostraram interesse no desenvolvimento da atividade e na

compreensão do fenômeno, procurando desenvolver a atividade experimental de pêndulo físico com ênfase e dedicação.

Verificamos durante a realização da atividade que um grupo considerável de alunos, após a realização da problematização e aplicação do experimento sugerido, apresentou ponderações satisfatórias para o conteúdo em análise, formulando suas próprias conclusões em relação às concepções de movimento oscilatório pendular e os levando a uma reflexão sobre conceitos novos. A partir destas observações, podemos concluir que o experimento alcançou o propósito.

O proposto era que realizassem o experimento com quatro amplitudes (5°, 10°, 15°, 20°). Entretanto, percebe-se que o tempo estipulado de duas aulas de 50 minutos para a realização da atividade não foi suficiente, requerendo um tempo maior. Sugerimos que o experimento fosse realizado apenas com as medidas de três amplitudes (5°, 10° e 15°).

Consideramos a atividade experimental um meio auxiliador no desenvolvimento cognitivo do educando que proporciona uma interação dinâmica e coletiva na transição de ideias a respeito dos conceitos estudados.

As orientações curriculares para o ensino médio (2006, p. 26) relatam que:

As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia-a-dia, levam a descobertas importantes.

4.5 ANÁLISE DA ATIVIDADE COM SIMULADOR DIGITAL – PhET

Esta atividade (item 4.3 – PE) utilizou recursos virtuais do simulador PhET¹⁴ - Pêndulo Simples, que consiste em uma metodologia investigativa que proporciona parâmetros de abordagem distintos, referentes aos conceitos de movimentos harmônicos simples, na exploração, análise e resoluções de questões que permeiam os MHS, recurso empregado como forma de abordar os conteúdos de movimento harmônico simples em pêndulo simples, de maneira a potencializar a assimilação dos conceitos, por meio deste mecanismo tecnológico.

¹⁴ PhET: Physics Education Technology, disponível gratuitamente no site da Universidade do Colorado – EUA, ferramenta que auxilia na compreensão de alguns fenômenos físicos.

A aplicação da atividade desenvolveu-se no laboratório de informática do Colégio. Primeiramente explanamos uma descrição, passo a passo, de como utilizar esta ferramenta virtual. Após, os alunos receberam um roteiro das atividades contendo os procedimentos de acesso ao simulador e as atividades que deveriam ser respondidas com a utilização desta ferramenta.

Após terem compreendido como manusear o simulador, iniciaram o desenvolvimento das atividades propostas, referentes aos conceitos envolvidos na determinação do período de oscilação, em diferentes aspectos, como alteração no comprimento do pêndulo, variação na gravidade local, modificação na massa da esfera e, por fim, acareação entre o período teórico e experimental e a comparação entre as forças envolvidas no movimento oscilatório do pêndulo.

A Figura 27 representa as medidas utilizadas no Simulator PhET durante o desenvolvimento da intervenção no laboratório de informática.

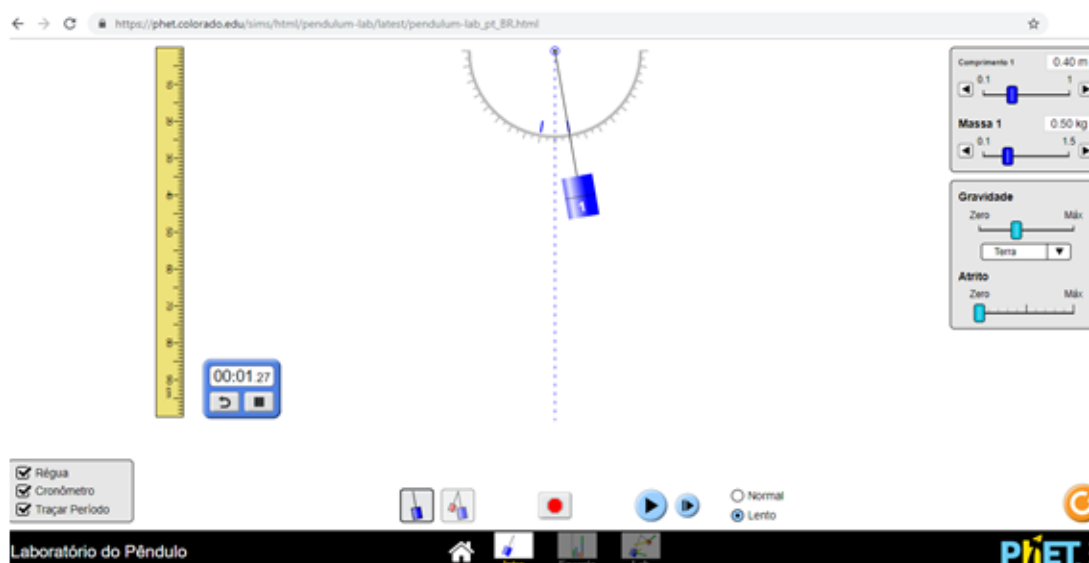


Figura 27: Medições do período pêndulo simples no simulador PhET.

Fonte: Print da tela do simulador PhET.

Durante o andamento da atividade, o professor circulou entre os alunos para verificar se estavam desempenhando os procedimentos sugeridos de forma adequada, oferecendo suporte no desenvolvimento da prática, sem fornecer a resposta, mas de forma a provocar no aluno um desequilíbrio cognitivo que o estimulasse a buscar soluções para os problemas propostos.

Percebemos que entre eles ocorriam discussões referentes aos resultados encontrados. Em alguns momentos o professor entrevistado e direcionou as discussões para que não assimilassem conceitos físicos inadequados aos conhecimentos pertinentes a MHS.

Conclusão do professor

Entendemos que esta ferramenta permite uma interatividade entre os métodos utilizados nesta intervenção do Produto Educacional, sendo uma atividade complementar na melhoria da assimilação do conteúdo, tornando a apropriação do conhecimento mais interessante e satisfatória na consolidação significativa dos conceitos pendulares.

4.6 ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DAS EQUAÇÕES DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO

Esta atividade (item 4.4 – PE) caracterizou-se pela aplicação das equações matemáticas em relação aos conceitos oscilatórios, nas quais os alunos empregaram teorias de aprendizado de forma investigativa na interpretação e sistematização dos conteúdos estudados anteriormente, pelo desenvolvimento de questões problemas, que apontem conceitos relevantes ao assunto.

Galileu era amante da matemática, não a separava da ciência. Ludovico Geymont (1997, p. 8) descreve,

A matemática já lhe parecia, desde o início, um instrumento poderosíssimo para conhecer a natureza, para captar seus segredos mais íntimos, para traduzir os processos naturais em discursos precisos, coerentes, rigorosamente verificada.

Após uma abordagem da relevância desta intervenção e explanação das equações (item 4.4.1.3 – PE), convidamos a se reunirem em grupos de três a quatro alunos. Desta forma poderiam interagir na troca de informações relacionadas ao movimento oscilatório.

Neste momento da intervenção foi entregue um roteiro com questões que abrangem os cálculos matemáticos e questões teóricas em que cada aluno deveria desenvolver e registrar suas conclusões. No decorrer da atividade, verificou-se que os

alunos apresentaram dificuldades na interpretação das questões. Desse modo, demonstravam dúvidas de como proceder para resolver os exercícios. Surgiram vários questionamentos de como utilizariam as equações matemática na resolução dos problemas.

Neste momento, foi necessária a intervenção do professor para o auxílio na compreensão, interpretação e resolução das interrogações que surgiram a respeito das questões. Não as resolvemos. No entanto, exemplificamos o conteúdo de forma que pudessem compreender suas definições e dessem continuidade na resolução das questões propostas.

Verificou que, após a explanação, a maioria dos alunos desenvolveu a atividade, não de forma satisfatória para o proposto na intervenção, entretanto, reiteramos que, para o nível de conhecimento matemático no qual se encontravam, obtiveram crescimento cognitivo na compreensão dos conhecimentos físicos envolvendo cálculos.

Conclusão do professor

Constatamos que os alunos apresentam compreensões razoáveis referentes aos conceitos de movimento oscilatório, vistos na atividade. Entretanto, apresentaram dificuldade em entender a linguagem matemática, dificultaram a assimilação das equações empregada na Física, encontraram dificuldade na substituição dos valores numéricos nas equações.

Tomando por base as atividades que apresentam relações de conteúdos similares com outras disciplinas, proporcionais à construção do conhecimento dos alunos, por consequência, desenvolveram um conhecimento do conteúdo, com mais ênfase.

Em análise, podemos considerar que, para obtermos um resultado mais satisfatório, a atividade da intervenção das equações seja desenvolvida de forma conjunta com o professor da disciplina de matemática, a fim de sanar deficiências, e com o educador de Língua Portuguesa, para que os alunos possam ter uma leitura adequada do enunciado, buscando explorar o conhecimento dos fenômenos físicos e matemáticos, através de conexões, em um contexto interdisciplinar.

4.7 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO – PÓS-TESTE

A avaliação e o pós-teste (item 4.5.1.3 - PE) foram aplicados simultaneamente, precisamente com as mesmas questões do pré-teste¹⁵, com a ressalva do acréscimo de três questões, em que duas destas se referem a cálculos matemáticos e uma que define MHS.

O objetivo era apurar se os alunos obtiveram mudanças em relação ao conhecimento já estruturado e o novo em relação ao movimento oscilatório e periódico, além de oportunizar a construção e reconstrução de conceitos físicos por meio da assimilação e acomodação, possibilitar constatar se houve um processo produtivo que contribuiu no ensino/aprendizagem por meio das intervenções aplicadas.

Perante as informações obtidas na avaliação e no pós-teste, constatamos que a metodologia empregada possibilita um aprendizado para o nível de ensino, conforme detalhamento dos Gráficos 3 e 4.

O Gráfico 3 representa a porcentagem de acertos por questões descritivas, abordadas no pós-teste, após a intervenção desenvolvida pelo professor.

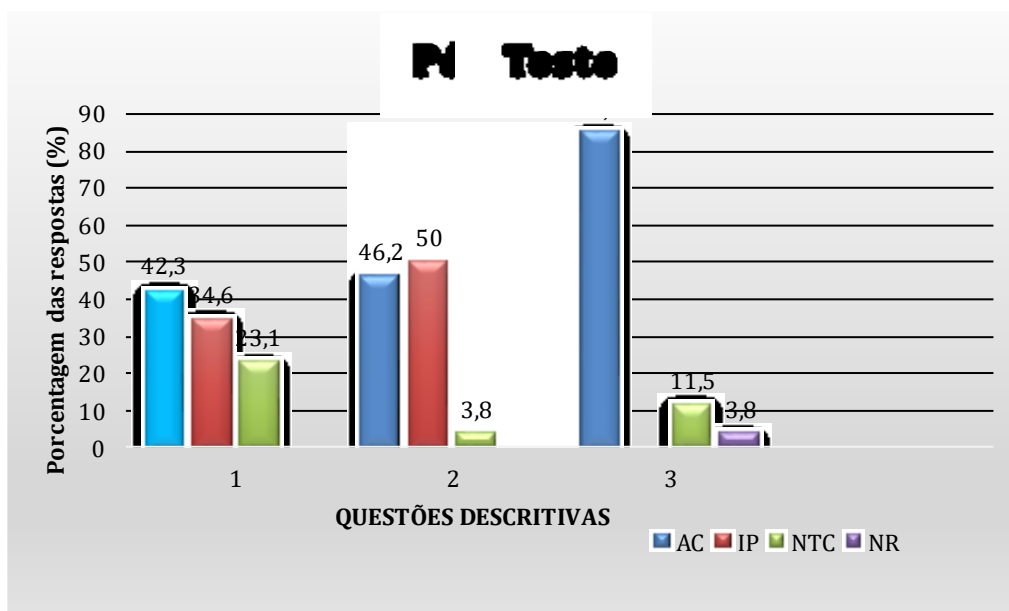


Gráfico 3: Representa os resultados do pós-teste, das questões descritivas, 1º movimento oscilatório; 2º definir o que é pêndulo; 3º exemplos de pêndulos no cotidiano. (AC: Apresentam conhecimento do assunto; IP: identifica parcialmente; NTC: não tem conhecimento; NR: não responderam). **Fonte:** Autoria própria.

¹⁵ O apêndice A conta com questões contextualizadas sobre o conceito de movimento oscilatório, que poderá ser substituída pelas questões presentes no produto Educacional (seção 4.1.3 – Pré-teste e seção 4.5.1.3 – Pós-teste), para novas aplicações.

Na primeira questão, a maioria dos alunos obteve resultado aceitável. Identificamos que 42,3% apresentaram resultado satisfatório para a questão 1, correspondendo a uma evolução de 26,9 % de alunos que obtiveram apropriação do conceito, em relação ao pré-teste. Verifica-se que no pré-teste não houve conhecimento parcial, já no pós-teste teve um crescimento de 34,6 % de alunos que identificam parcialmente os conceitos oscilatórios; 23,1% não apresentaram ter assimilado o conceito na forma proposta. Obtivemos, após a intervenção, um aumento considerável de 61,5 % de alunos que se apropriaram corretamente ou parcialmente do conhecimento de movimento oscilatório.

Na segunda questão, os alunos obtiveram um resultado 46,2 % de assimilação dos conceitos físicos em relação a definir e identificar movimento oscilatório (pêndulo), correspondente a uma elevação de 38,5% de apropriação em relação ao pré-teste. No pós-teste obtivemos uma adaptação parcial do conhecimento de 50% referente ao pré-teste; 3,8% não apresentaram ter assimilado o conteúdo na forma proposta, referente ao questionamento sobre “o que são pêndulos”.

Terceiro questionamento referia-se a identificação de exemplos de pêndulos no seu dia-a-dia; 84,7% identificaram sistemas pendulares presentes em seu cotidiano, alcançando resultado satisfatório em relação ao pré-teste; 3,8% não responderam a questão e 11,5% não apresentaram ter assimilado o conceito, na metodologia proposta nesta intervenção.

O gráfico 4 representa o resultado em porcentagem de acertos por questões de múltipla escolha, abordadas no pós-teste, após a intervenção do professor.

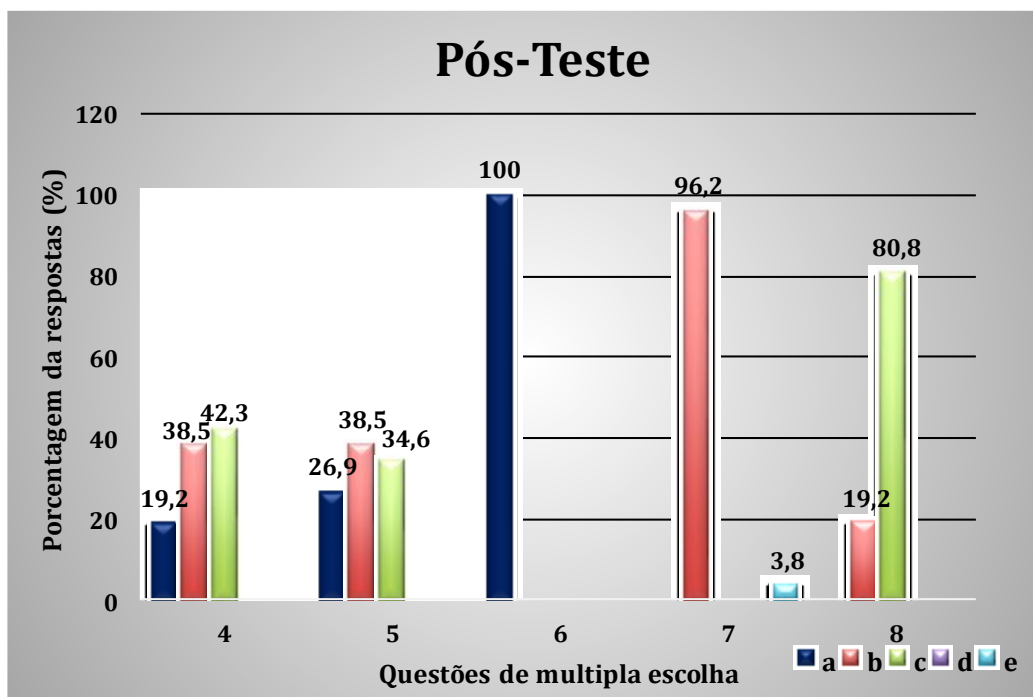


Gráfico 4: Representação dos resultados do pós-teste, das questões de múltipla escolha, 4º Período do movimento oscilatório (resposta mais apropriada c); 5º Frequência do movimento oscilatório (resposta mais apropriada b); 6º Massa dos corpos (resposta mais apropriada a); 7º Peso de um objeto (resposta mais apropriada b); 8º Força gravitacional (resposta mais apropriada c). (a; b; c; d; e, representam as alternativas). **Fonte:** Autoria própria.

A quarta indagação relacionou a concepção sobre “o período do movimento oscilatório”, questionamento este com o propósito de constatar se o aluno seria capaz de relacionar o movimento oscilatório do pêndulo com o intervalo de tempo que levaria para sair de sua posição de origem e retornar ao ponto inicial, 42,3% dos educandos escolheram a opção “c” (correta), satisfazendo o proposto na intervenção, tendo um aumento significativo na apropriação de 32,3%, relacionado ao pré-teste. Neste mesmo teste 38,5% relacionaram a alternativa “b”, que aponta “o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico”, não sendo a explicação correta, 19,2% acarearam a alternativa “a”, que descreve o “movimento descrito pelo objeto em sua trajetória” em análise as questões “a” e “b”, pode ter ocorrido um conflito cognitivo entre o movimento e o número de oscilações descritas pelo objeto, evidenciando não possuírem estruturas mentais as quais auxiliam na complexidade dos novos conceitos, para a sistematização da intervenção.

A quinta questão argumenta sobre o conceito de “frequência no movimento oscilatório”. Dos 26 alunos que realizaram o pós-teste, 38,5% indicaram a alternativa “b” (correta), satisfazendo o proposto na intervenção, define que a frequência do

movimento pendular refere-se ao “número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico”, 26,9% marcaram a alternativa “a” (incorreta), referindo-se ao “movimento descrito pelo objeto em sua trajetória”, 34,5% especificaram como correta a alternativa “c”, que descreve “o intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição de origem”. Diagnosticamos que a intervenção nestas alternativas “a” e “c”, referente à frequência oscilatória, pode ter gerado uma compreensão equivocada do conceito de frequência, não apresentando o resultado esperado.

A sexta pergunta ressaltou o conceito “massa dos corpos”, que permite ao aluno diferenciar quantidade de matéria de peso. O resultado foi satisfatório e pertinente ao conceito, pois 100% dos alunos escolheram a alternativa “a” (correta), na qual salientam que a massa do objeto corresponde a “quantidade de matéria que constitui um corpo”.

O questionamento da sétima questão aborda o conceito “peso de um objeto”, que permite ao aluno reconhecer a diferença entre “massa do corpo” e “peso do corpo”. Novamente alcançamos um resultado satisfatório: 96,2 % responderam adequadamente ao item, optaram pela alternativa “b” (correta), e 3,8% não responderam a questão, representada no Gráfico 4, como a alternativa “e”.

Obtivemos um resultado satisfatório nas questões seis e sete, evidenciando que este conceito os alunos trazem consigo, ao longo de sua trajetória acadêmica, conceito este já estruturado cognitivamente que facilita a compreensão.

Na oitava questão, os alunos responderam sobre o conceito de força gravitacional entre dois corpos, diferenciando-o da força peso. De modo geral, 80,8% dos educandos marcaram a alternativa “c” (correta), que considera força gravitacional como: “Quando surgem interações entre as forças de atração dos corpos presentes no universo”, satisfazendo o proposto nesta intervenção, e 19,2 % assinalaram erroneamente a alternativa “b”, que relatava que a força peso se relaciona com a força gravitacional medida, sofrida por um corpo. Devido à similaridade das alternativas, isto pode ter gerado confusão nos educandos com relação ao questionamento sobre o significado de “força gravitacional”.

As questões 9, 10, 11 não estão presentes no pré-teste, mas foram elaboradas de forma a verificar a compreensão das equações matemáticas e a assimilação dos conceitos vistos nesta intervenção do produto educacional. As questões nove e dez abordaram os conceitos de período e frequências no movimento oscilatório, através de cálculos matemáticos.

A maioria não obteve resultado satisfatório para as questões 9 e 10. Os educandos não apresentaram relações conclusivas entre as equações matemáticas e os fenômenos oscilatórios (Figuras 28 e 29), por apresentarem um déficit de conceitos matemáticos que os auxiliassem no desenvolvimento dos itens. Possivelmente, se tivessem uma familiaridade maior com a matemática presente na Física, seria possível ao educando compreender melhor a relação entre o conceito físico da prática experimental com o desenvolvimento das equações matemáticas. Galileu “não separava a matemática dos fenômenos físicos, relatava que era um mecanismo que auxiliava na compreensão dos conceitos físicos” (GEYMONAT, 1997).

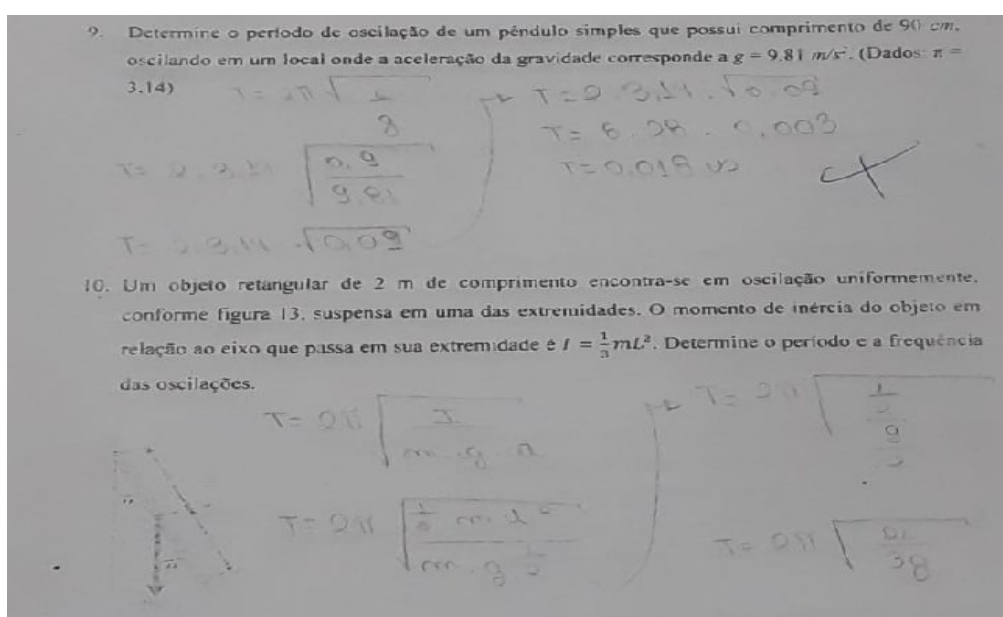


Figura 28: Questões 9 e 10, discursivas, do Pós-teste. Respostas de um aluno da turma, questão que utilizava a equação do pêndulo simples, para encontrar o valor do período.

Fonte: Autoria própria.

9. Determine o período de oscilação de um pêndulo simples que possua comprimento de 90 cm, oscilando em um local onde a aceleração da gravidade corresponde a $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. (Dados: $\pi = 3,14$)

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{0,9}{9,81}}$
 $T = 6,28 \sqrt{\frac{0,9}{9,81}}$

$T = 6,28 \sqrt{0,09}$
 $T = 6,28 \cdot 0,30$
 $T = 1,884$

10. Um objeto retangular de 2 m de comprimento encontra-se em oscilação uniformemente, conforme figura 13, suspensa em uma das extremidades. O momento de inércia do objeto em relação ao eixo que passa em sua extremidade é $I = \frac{1}{3} ml^2$. Determine o período e a frequência das oscilações.

$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot d}}$
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3} ml^2}{m \cdot g \cdot \frac{l}{2}}}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\frac{2}{3}g}}$
 $T = 6,28 \sqrt{\frac{2l}{3g}}$
 $T = 6,28 \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 9,81}}$
 $T = 6,28 \cdot 0,8$




Figura 29: Questões 9 e 10, discursivas, do Pós-teste. Resposta de um aluno da turma, questão que utilizava a equação do pêndulo simples, para encontrar o valor do período.

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o último questionamento, questão 11 (Figura 30), foi implantado com a finalidade de analisar a compreensão do aluno em relação às principais características do MHS. Diante do exposto por eles, concluímos que obtiveram uma assimilação satisfatória, propiciando condições pertinentes ao processo ensino/aprendizado.

11. Você estudou as principais características do MHS no movimento do pêndulo. Quais seriam?

Período, frequência, Inércia

Figura 30: Questão 11, discursiva, do Pós-teste. Resposta de um aluno da turma que apresenta, na situação do pós-teste, conhecimentos elementares sobre MHS.

Fonte: Autoria própria.

“Na perspectiva fiscalista as operações lógicas matemáticas se reduziram a uma simples linguagem em si mesma tautológica, mas prestando-se a dar conta da observação fornecida” (PIAGET, 1983, p.54), instrumentos de estruturação que desempenham a descentralização do aluno, indispensáveis à compreensão e construção dos conceitos físicos (PIAGET, 1983, p. 55).

5. ANÁLISE DO RESULTADO DO PRÉ - TESTE E PÓS – TESTE

Nesta seção discorreremos a análise dos resultados descritos na seção “4”, proposto na intervenção do produto educacional (PE), analisando as considerações apresentadas no pré-teste e do pós-teste, por meio de gráficos que demonstram se ocorreu ou não assimilação e acomodação do conhecimento de movimento oscilatório pendulares. Desta forma, “a enumeração dos fatos não implique um desconhecimento dos conceitos” (ZABALA, 1983, p. 202), a aprendizagem implica em associar fatos que possibilitam a concepção e interpretação da assimilação do novo conceito (ZABALA, 1983, p. 202), muitas vezes não estruturado cognitivamente a proporcionar acomodação do conteúdo.

Após acareação entre as respostas das questões do pré e pós-teste, evidenciaremos os resultados apontados pelos educandos. Os dados das discussões obtidas são apresentados nos gráficos “5” e “6”, caracterizado em porcentagem de acerto por questões, antes da intervenção e após a intervenção pedagógica. A diferença de porcentagem não representada no Gráfico 5 e 6 corresponde ao número de alunos que responderam parcialmente o conceito de movimento oscilatório pendular ou não responderam satisfatoriamente as questões. Conforme o Gráfico 5, percebe-se que houve um aumento significativo na apropriação dos conceitos de movimento oscilatório.

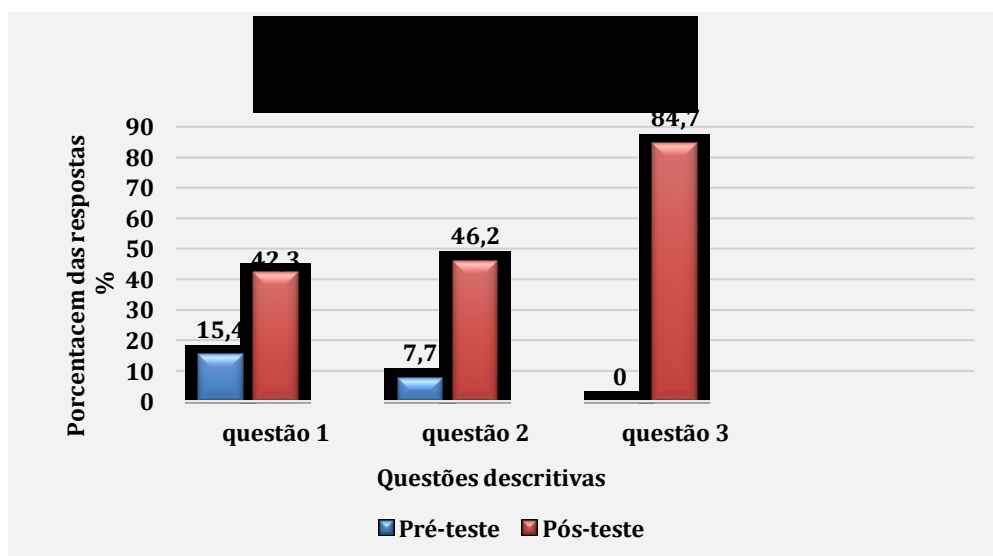


Gráfico 5: Demonstração dos resultados do pré-teste e pós-teste, das questões descritivas, 1º movimento oscilatório; 2º definir o que é pêndulo; 3º exemplos de pêndulos no cotidiano. (NTC: não tem conhecimento; AC: Apresentam conhecimento do assunto). **Fonte:** Autoria própria.

Na primeira questão do pré-teste, 15,4% dos alunos responderam satisfatoriamente o que se pedia. Depois de decorrida a intervenção do produto educacional, 42,3% dos estudantes respondeu adequadamente a questão do pós-teste, correspondendo a um acréscimo de 26,9% de alunos que se apropriaram do conceito.

No segundo questionamento, 7,7% dos alunos responderam satisfatoriamente a questão. Depois da aplicação do PE, verificou-se com o pós-teste que 46,2% dos educandos obtiveram apropriação do conceito que identifica pêndulo sendo “partículas que oscilam em torno de um ponto de equilíbrio”. Houve um aumento considerável de compreensão do conceito explorado de 38,5% de apropriação significativa.

O terceiro questionamento se refere à identificação de fenômenos pendulares presentes no cotidiano do educando. Depois da intervenção, 84,7% responderam que identificariam e citaram exemplos de pêndulos presentes no cotidiano, ocorrendo uma adaptação significativa do conteúdo estudado. Salientamos que não obtivemos respostas corretas para este questionamento no pré-teste.

Através da análise do Gráfico 6, constatamos que houve um acentuado crescimento em relação ao conhecimento já construído antes e pós intervenção.

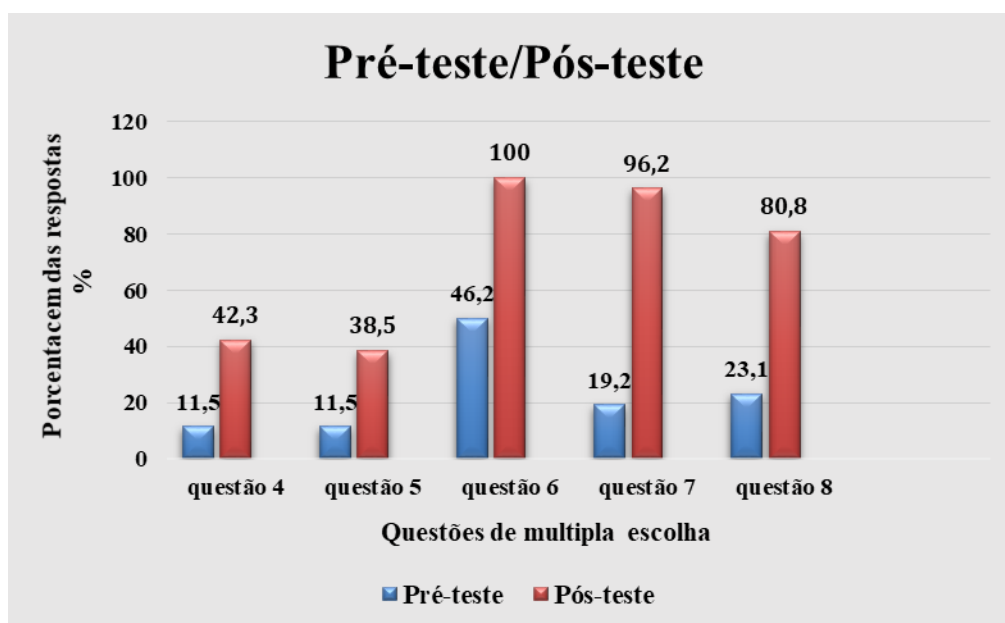


Gráfico 6: Demonstração dos resultados do pós-teste, das questões de múltipla escolha, 4º Período do movimento oscilatório (resposta mais apropriada c); 5º Frequência do movimento oscilatório (resposta mais apropriada b); 6º Massa dos corpos (resposta mais apropriada a); 7º Peso de um objeto (resposta mais apropriada b); 8º Força gravitacional (resposta mais apropriada c). (a; b; c; d; e, representam as alternativas). **Fonte:** Autoria própria.

A quarta questão se referia ao: “Período do movimento oscilatório”. Apresenta uma ascensão de 11,5% no pré-teste para 42,3% no pós-teste de alunos que escolheram a alternativa correta, reflete-se positivamente na apropriação significativa do conceito. Considera-se que uma grande porcentagem de estudantes não possuía conhecimentos cognitivamente estruturados em seu esquema mental que os levassem a uma assimilação e acomodação do assunto.

A quinta questão era relacionada à “frequência” no movimento pendular. Percebe-se um avanço admissível no número de alunos que se apropriaram do conhecimento em relação ao pré-teste de 11,5% para o pós-teste de 38,5% de respostas corretas, relatando frequência sendo o número de oscilações descrito pelo objeto em intervalo de tempo específico.

A sexta indagação refere-se à massa: “Quantidade de matéria que constitui os corpos”. Verifica-se que em relação ao pré-teste, no qual 46,2% escolheram a alternativa correta, após a intervenção o resultado foi de 100% de acertos.

A sétima questão sondava o conhecimento em relação à força gravitacional medida, sofrida por um corpo (peso). Constatou-se uma acentuada apropriação do conceito, partindo de 19,2% no pré-teste para 96,2% no pós-teste.

Percebe-se que os alunos possuem uma definição conceitual de “massa” e “peso” bem enraizada cognitivamente, não se referindo a algo tão distante de seus esquemas mentais.

A oitava questão inquiria do aluno um conhecimento de “Força de atração entre os corpos presentes no universo”. Verificamos que os alunos assimilaram o conhecimento referente ao fenômeno, perfazendo um acréscimo considerável de 57,8% no percentual de resposta corretas em relação ao pré-teste de 23,1%, para o pós-teste de 80,8%, definindo corretamente o conceito, e diferenciam *força gravitacional* de *peso*. Frequentemente a força gravitacional e a força peso são consideradas sinônimas. Frente a esta comparação, os alunos podem não ter esquemas mentais que os levassem a uma definição precisa entre assunto.

Conclusão do professor

Detectamos, com a intervenção do produto educacional e com a aplicação do pré-teste e pós-teste, que as atividades de ensino / aprendizagem partem “de uma

situação próxima à realidade do aluno, que seja interessante para ele e lhe proponha questões às quais precisa dar resposta” (PIAGET, 1983, p. 161), método empregado na intervenção que possibilitou o desenvolvimento cognitivo do educando, por interações entre as informações novas com as já existentes em sua estrutura cognitiva, que o possibilitou um paralelo dos movimentos oscilatórios vistos em sala com o seu cotidiano. Desta forma, os alunos passaram de uma estrutura de assimilação e desequilíbrio para uma estrutura de acomodação e equilíbrio cognitivo dos conceitos pendulares.

De forma quantitativa e qualitativa, o desenvolvimento e aplicação do produto educacional atingiu satisfatoriamente o proposto nesta intervenção.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho fundamenta-se nas observações decorridas na aplicação do produto educacional, na qual buscou relacionar o conhecimento já construído dos alunos, referente ao movimento oscilatório e periódico, proporcionando um aprendizado com compreensão, construção e reconstrução dos conceitos físicos.

Com os resultados obtidos no pré-teste, constatamos que os educandos apresentavam conhecimento sobre oscilação de forma superficial, sem relacionar os conceitos com o meio. Com a análise do pós-teste, evidenciamos consideravelmente o aprimoramento da forma de observar e descrever os conceitos físicos aplicados no PE, obtendo um crescimento conceitual no ensino/aprendizado.

A aplicação e investigação de uma sequência didática foram motivadas pela necessidade da inserção deste conceito no ensino médio, em parte já abordado, mas de forma superficial e não contextualizada com o cotidiano.

Nesta intervenção foram adotadas atividades exploratórias, articuladas em teorias que estruturam as atividades práticas, as quais complementam o conteúdo exposto teoricamente.

Não nos cabe assegurar que a metodologia empregada na intervenção do PE fornecerá total subsídio para uma assimilação e acomodação dos conceitos oscilatórios. Devemos compreender as várias condições em que se encontram nossos alunos, como níveis de desenvolvimento, local de inserção, metodologia aplicada e se o educando possui esquemas mentais que o leve a uma adaptação do conteúdo, considerações estas adversas que podem não permear a aprendizagem do sujeito.

Nossa finalidade não é atingir uma transformação profunda no entendimento do movimento oscilatório, mas que o aluno construa esquemas mentais que o leve a um desequilíbrio cognitivo em busca de acomodação cognitiva dos conceitos físicos e predisposição em busca de novos conhecimentos.

Diante do exposto, verificamos que a Física deve ser desenvolvida de forma a articular os fenômenos físicos com a realidade do educando, posto que a Física seja uma ciência de observação, análise e explicação de fenômenos do universo e o meio em que estamos inseridos.

Deste modo, consideramos que a intervenção deste Produto Educacional (PE) evidenciou uma ampla potencialidade do educando em assimilar os conceitos físicos.

Constatamos também que o experimento realizado, sem a utilização de sensores que permitam medir com exatidão o período, apresenta uma incerteza de medidas aceitáveis.

Consideramos ter alcançado o propósito do desenvolvimento e aplicação do produto educacional. A sequência didática desenvolvida contribuiu para uma compreensão reflexiva e dinâmica na assimilação e equilíbrio dos conhecimentos sobre movimento oscilatório pendular, podendo ser aplicada por outros professores, como está exposto, ou, se julgar necessário, poderá ser realizada as devidas adequações para cada nível acadêmico que o educando se encontra.

REFERÊNCIAS

ALVES, Valéria. F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem.** Brasília, 2006. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em ensino de ciências. Universidade de Brasília.

BASSALO, José Maria Filardo. **Curiosidade da Física. Pêndulos: Simples e Composto-** Seara da Ciência.
Disponível em: www.seara.ufc.br/folclore/folclore360.htm. Acesso. 04. jan. 2019.

BECKER, Fernando. **O que é construtivismo? Desenvolvimento e Aprendizagem sob o Enfoque da Psicologia.** UFRGS – PEAD 2009/1.
Disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/301477/mod_resource/content/0/Texto_07.pdf. Acesso. 15. nov. 2018.

CAVICCHIA, Durlei de Carvalho. **O Desenvolvimento da Criança nos Primeiros Anos de Vida,** Departamento de Psicologia da Educação da UNESP-Araraquara
Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/224/1/01d11t01.pdf>. Acesso. 15. nov. 2018.

COHEN, David. **Piaget um requestionamento.** Instituto Piaget, São Paulo 1999.

DUARTE, S. E. **Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo:** um exemplo abordando dinâmica da rotação. Rio de Janeiro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Vol. 29. N. Especial 1. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p525>. Acesso em. 13. Jun. 2015.

EISBERG, Robert M; RESNICK, Robert. **Física Quântica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas.** 9.ed. Editora Campus, 1994.

FARIA, A. R. D. **Desenvolvimento da Criança e do Adolescente:** segundo PIAGET. 4. ed. SÃO PAULO - SP: ED. ATICA, 1998.

FARIAS, Antonio C de; CORDEIRO, Mara L; ALMEIDA, Shiderlene V de. **Brincar para Aprender:** A Neurociência e a Psicologia no processo de Aprendizagem, et al. Curitiba, 2015.

FLAVELL, J. H. **A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget.** Tradução de Maria Helena Souza Patto. São Paulo: livaria pioneira, 1975.

GEYMONAT, L. **Galileu Galilei**. Tradução Eliana Aguiar, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. **Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo**: Complementariedades e contribuições para a educação em ciências. *Ciência e Educação*, v.18, n.1, p. 1-22, 2012.

Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n1/01.pdf>. Acessado em: 13 jun.2019

JR, W. B., & ARANHA, N. **Estudo das oscilações amortecidas de pêndulo físico com auxílio do "Tracker"**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v; 37, p.9, São Paulo, 2015. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n2/0102-4744-rbef-37-02-2504.pdf>. Acesso em. 07. Jul. 2018.

LUZ, Antonio M . R. da; LUZ, Beatriz A. Á. **Física ensino médio**. 1 ed. vol. 1 São Paulo: Scipione, 2006.

MACHADO, V. **Determinação do momento de inércia de uma barra retangular com eixo fora de seu centro de massa**: uma atividade experimental. *Revista Brasileira de Física Tecnologia Aplicada*, Ponta Grossa, v.1, n.2, p. 35 – 42, dez. 2014.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Universidade de Brasilia Editora, 1999.

MORAES, José U. P; JUNIOR, Romualdo S. S. **Experimentos Didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa**, v 4(3), p. 61-63, 2014. Disponível: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf.

Acesso, 16 junho 2018

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Basica Fluidos Oscilações e Ondas Calor**. 4º ed, v 2, São Paulo: Blucher Ltda, 2002.

PÁDUA, G. L, D. **A epistemologia genética de Jean Piaget**. *Revista FACEVV*, n. 2, pág. 22-35, 2009.

Disponível:<http://maratavarespsictics.pbworks.com/w/file/74473316/A%20EPISTEMOLOGIA%20GENETICA.pdf>. Acesso, 16 jun. 2018.

PAIS, Luis C. **Didática da Matemática**: Uma análise da influência francesa, 3º ed. 1º reimpressão, Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

PARANÁ, D. N. D. S. **Física para o Ensino Médio**. 2ª ed. V. Único, São Paulo: Ática, 1999.

PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense, 1967. [Six Études de Psychologie, 1964]

PIAGET, J. **Os pensadores, a psicologia genética**, 2ª ed. São Paulo:Abril Cultura, 1983

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 1972

MAHAZZBI, Pirooz. SHANKAR, P. S. **Damping of a Simple Pendulum Due to Drag on Its String**. Scientific Research Publishing, p. 122 - 130, 2017. Disponível: https://file.scirp.org/pdf/JAMP_2017012515591136.pdf. Acesso, 7. Jul. 2018

SERWAY, Raymond A; JEWETT, JohnW. Jr. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. 3ª ed. v. 2, São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, JohnW. Jr. **Física para Cientistas e Engenheiros: Oscilações, Ondas e Termodinâmica**, 8º ed. v. 2, São Paulo: Cengage Learning, , 2016.

SEARS, F; ZEMANSKY. M. W; YOUNG. H. D. **Física 1: Mecânica de Partículas e dos Corpos Rígidos**. 2º ed. vol 1, Rio de Janeiro: LTC Editora, 1983.

SEARS, F; ZEMANSKY. M. W; YOUNG. H. D. **Física 2: Mecânica dos Fluidos Calor Movimento Ondulatório**. 2º ed. v2, Rio de Janeiro: LTC, 1984.

SILVA, J. B; SALES, G. L; ALVES, F. R; **Didática da Física: Uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodologia**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 1, p. 20-41, Abr. 2018

SILVEIRA, F. L; OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei de resultados experimentais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, p.7-27; Jun.2002.

TIPLER, Paul A, **Física**, traduzido por Horacio Macedo, 2ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois S.A, 1985.

TAVARES, R. **Notas de Aula de Física: Oscilações** – departamento de Física UFPB. Disponível em < http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/16_oscilacoesVI.pdf>. Acessado em: 14 jun. 2019

WALKER, J; HALLIDAY, D; RESNICK, R. **Fundamentos de Física 2:** Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 4º ed. Rio de Janeiro. LTC. 1996.

ZABALA, Antonio. **A Prática Educativa como ensinar**, tradução Ernani F. da F. Rosa, Porto Alegre. Artmed. 1998

BRASÍLIA, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**, Brasília, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio, v 2)

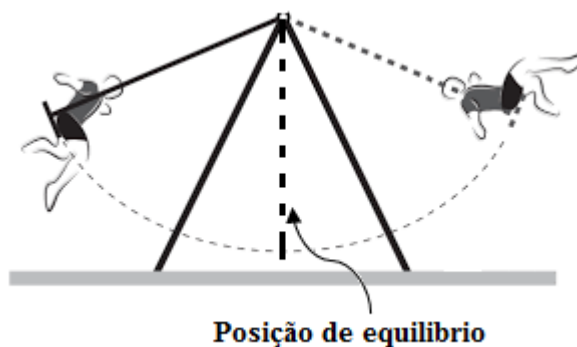
APÊNDICE A: CONSENTIMENTO E QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE – PRODUTO EDUCACIONAL - PE

Prezado leitor, essa proposta de questionário, objetiva contribuir na investigação dos conceitos já construídos através do pré-teste e os conhecimentos construídos pós implementação do Produto Educacional com a aplicação do pós-teste, em uma transposição didática dos conceitos de movimento oscilatório pendular, possibilitam a análise dos conceitos físicos de forma contextualizada com o cotidiano.

A partir da análise da aplicação do PE, reformulamos as questões do pré e pós-teste, com a ideia de que as questões sejam acessíveis a compreensão do aluno, para que ocorra uma maior adaptação dos conceitos oscilatórios.

Colégio: _____		
Disciplina: Física	1º ANO EM	/ /
Nome:		Turma:
Professor (a):		
Avaliação ()		Trabalho ()

1. A partir de suas concepções, como vocês definiram movimento oscilatório?
2. Na sua concepção, você conseguiria definir o que são pêndulos? Se considerar melhor pode representar em forma de desenho.
3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?
4. Uma criança movimenta-se em um balanço de forma oscilatória, executando movimentos de ida e volta em torno de uma posição de equilíbrio, movimento este denominado periódico, visto que se submete a um período.



Das alternativas abaixo, qual define Período em um sistema oscilatório?

- a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.
- b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico.
- c) É o intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
- d) É o comprimento do fio ao qual o objeto está preso.
- e) Não sei.

5. Um objeto em movimentos oscilatório desloca-se em uma trajetória para a esquerda e para a direita em torno de uma posição de equilíbrio, representando o movimento harmônico simples. Qual das alternativas abaixo melhor define frequência em um sistema oscilatório?

- a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.
- b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em um intervalo de tempo específico.
- c) O intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
- d) É o comprimento do fio a qual o objeto está preso.
- e) Não sei.

6. Massa é uma propriedade fundamental da Física, presente nos corpos, seu conceito é suscetível à condição de unidades de medida, uma de suas definições é a inércia, que mede sua resistência de alterar seu estado. Qual das alternativas abaixo melhor define massa?

- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
- b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
- c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
- d) Energia cinética presente entre os objetos.
- e) Não sei.

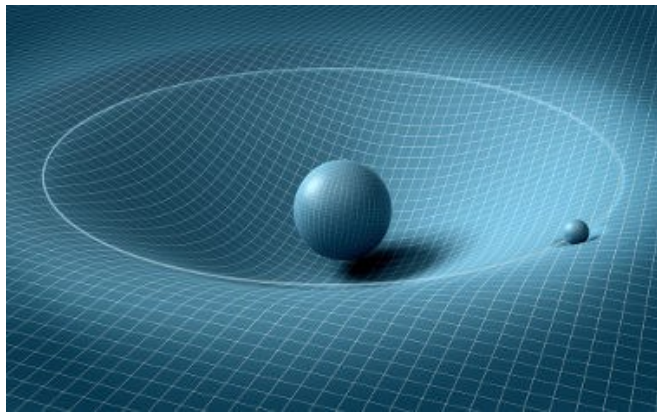
7. A aceleração gravitacional é algo interessante, pois corpos com mesma massa ao serem submetidos a diferentes campos gravitacionais, exemplo: na Lua, Marte, Júpiter. Apresentam alteração de peso. Qual das alternativas abaixo melhor define peso?



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/wp-content/uploads/2018/08/forca-peso-300x200.gif>

- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
- b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
- c) Energia cinética presente entre os objetos.
- d) Não sei.

8. Os corpos no espaço orbitam em torno do planeta Terra sob ação da gravidade, respectivamente relacionada a curvatura gerada pelo espaço na presença de um corpo extremamente maciço. (Albert Einstein)



Fonte: <https://s2.static.brasilecola.uol.com.br/img/2017/04/gravidade.jpg>

A força gravitacional dos corpos presentes no universo pode ser definida por:

- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
- b) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
- c) Energia cinética presente entre os objetos.
- d) Não sei.