



DOUGLAS RODRIGO IENE

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE MOVIMENTO COM
EXPERIMENTAÇÃO REMOTA E SIMULADORES**

**MARINGÁ
2022**



SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE MOVIMENTO COM EXPERIMENTAÇÃO REMOTA E SIMULADORES

DOUGLAS RODRIGO IENE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

MARINGÁ - PR
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

I22s	<p>lene, Douglas Rodrigo</p> <p>Sequência didática sobre movimento com experimentação remota e simuladores / Douglas Rodrigo lene. -- Maringá, PR, 2022. xii, 81 f.: il. color., tabs.</p> <p>Acompanha produto educacional: Brincando com o movimento. 40 f. Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2022.</p> <p>1. Física - Estudo e ensino - Ensino médio. 2. Simuladores computacionais. 3. Movimento (Física). 4. Experimentação remota. 5. Sequência didática . I. Fernandes, Paulo Ricardo Garcia, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.</p> <p>CDD 23.ed. 530.07</p>
------	--

Sintique Raquel Eleutério - CRB 9/1641

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE MOVIMENTO UTILIZANDO SIMULADORES E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

DOUGLAS RODRIGO IENE

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes
DFI/UEM

Prof. Dr. Paulo Cesar Facin
DEFIS/UEPG

Prof. Dr. Luciano Gonsalves Costa
DFI/UEM

MARINGÁ

2022

Dedico este trabalho a minha família, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com apoios e incentivos de inúmeras pessoas, aos quais estarei eternamente grato.

Em especial ao meu orientador, Prof. Paulo Ricardo Garcia Fernandes e à professora de estágio, Prof.^a Hatsumi Mukai, pela compreensão de minhas limitações, pelo apoio, pela total colaboração ao guiar-me pelos caminhos traçados neste trabalho, por terem acreditado em minha capacidade, abrindo espaço para que, a partir de conversas, discussões e ideias, pudéssemos convertê-las nesta dissertação.

Agradeço aos demais docentes do DFI da UEM, pelos ensinamentos, incentivos e contribuições. A Universidade Estadual de Maringá por ofertar o programa de mestrado. Aos colegas de turma que sempre me ajudaram e apoiaram.

A minha família pelo apoio incondicional para a realização desse trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

RESUMO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE MOVIMENTO UTILIZANDO SIMULADORES E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

DOUGLAS RODRIGO IENE

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho apresenta uma Sequência Didática (SD), dirigida aos professores de Física do Ensino Médio e aos seus estudantes sobre a física, baseadas nas Leis de Newton. Através de experimentos simples de cinemática utilizando simuladores e experimentação remota. Trata-se do desenvolvimento de um Produto Educacional (PE), pautado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS), para promover o desenvolvimento interdisciplinar do estudante do Ensino Médio (EM) tendo o movimento dos corpos como tema principal. Está dividida em três partes: na primeira, são apresentados os fundamentos físicos que permeiam o tema; na segunda, se propõe a experimentação por meio da confecção de um experimento de baixo custo, por meio de simuladores e experimentação remota e, na terceira, a realização de experimentos pelos estudantes com os materiais disponíveis em suas casas. Para verificar a aprendizagem dos estudantes, em todas as etapas da SD, sugere-se a elaboração de mapas conceituais, jogos e questionários sobre o tema. O resultado principal, do presente trabalho, traz a possibilidade de repensar o ensino de física por meio de simuladores e, principalmente, da prática experimental, por acesso remoto, de modo que o tema abordado se torne relevante para a aprendizagem do estudante.

Palavras-chave: movimento, simuladores, experimentação remota, aprendizagem significativa, sequência didática.

MARINGÁ
2022
ABSTRACT

**TEACHING SEQUENCE ON MOVEMENT WITH SIMULATORS AND
REMOTE EXPERIMENTATION**

DOUGLAS RODRIGO IENE

Advisor: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Abstract of master's dissertation submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents a Didactic Sequence (SD), aimed at high school Physics teachers and their students about physics, based on Newton's Laws. Through simple kinematics experiments using simulators and remote experimentation. This is the development of an Educational Product (EP), based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TAS), to promote the interdisciplinary development of high school students (EM) with body movement as the main theme. It is divided into three parts: in the first, the physical fundamentals that permeate the theme are presented; in the second, experimentation is proposed through the making of a low-cost experiment, using simulators and remote experimentation and, in the third, experiments are carried out by students with materials available in their homes. To verify the students' learning, in all stages of the DS, it is suggested the elaboration of conceptual maps, games and questionnaires on the theme. The main result of this work brings the possibility of rethinking the teaching of physics through simulators and, mainly, experimental practice, by remote access, so that the topic addressed becomes relevant to student learning.

Keywords: movement, simulators, remote experimentation, meaningful learning, following teaching.

MARINGÁ

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uma visão esquemática da aprendizagem significativa.....	03
Figura 2: Vetores.....	11
Figura 3: Plano inclinado ($a=const$).....	15
Figura 4: Plano inclinado (força resultante).....	16
Figura 5: Plano inclinado (relações trigonométricas).....	16
Figura 6: Em um jogo de futebol existe movimento?.....	23
Figura 7: Onde está o movimento em uma corrida de fórmula 1.....	24
Figura 8: Em um deslizamento de terra tem movimento?.....	25
Figura 9: Que tipo de movimento uma gota de chuva realiza?	25
Figura 10: Essa rampa facilita o trabalho para descarregar tijolos?.....	26
Figura 11: Porque a rampa não é reta?	26
Figura 12: Os egípcios usavam essa engenharia?	26
Figura 13: A terra faz algum tipo de movimento?	27
Figura 14: <i>Google Maps</i> – Cândido de Abreu à Ivaiporã	27
Figura 15: Experimento bolha de ar	28
Figura 16: Jogo para fixação de conteúdos	29
Figura 17: Simulador <i>Phet Colorado</i> – O homem em movimento	30
Figura 18: Mapa conceitual elaborado pelo <i>Software Cmaptools</i>	31
Figura 19: Interface do Simulador Plano Inclinado: Introdução	32
Figura 20: Interface do Simulador Plano Inclinado: Atrito	33
Figura 21: Interface do Experimento remoto sobre plano inclinado	34
Figura 22: Captação de dados do experimento remoto	35

LISTA DE GRÁFICOS, QUADROS, ORGANOGRAMA E TABELAS

Gráfico 1: Dados obtidos do experimento remoto	36
Gráfico 2: Avanços na aplicação do PE	41
Quadro 1: Conteúdos trabalhados na aplicação do PE	18
Quadro 2: Sequência didática	19
Organograma 1: Conceitos de mecânica	27
Tabela 1: Dados do experimento	28
Tabela 2: Dados prévios	40
Tabela 3: Resultados do experimento, simuladores e experimento remoto	42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Capítulo 1	3
Fundamentação teórica	3
1.1 Teoria da aprendizagem significativa	3
1.2 Sequência didática	4
1.3 Revisão Teórica dos Conteúdos de Física elencados no Produto Educacional..	6
1.3.1 Conceitos de comprimento, tempo e massa.....	6
1.3.2 Velocidade média e instantânea	8
1.3.3 Aceleração média e instantânea	9
1.3.4 Vetores e Escalares	10
1.3.5 Primeira Lei de Newton.....	11
1.3.6 Segunda Lei de Newton.....	12
1.3.6.1 Força Gravitacional.....	14
1.3.6.2 Força de contato.....	15
1.3.7 Terceira Lei de Newton.....	17
Capítulo 2: Produto educacional.....	18
2.1 Questionário Prévio.....	20
2.2 Introdução aos conteúdos	23
2.3 Conceitos iniciais de mecânica	26
2.4 Experimento “bolha de ar”.....	28
2.5 Jogo para fixação dos conteúdos trabalhados	29
2.6 Simulador “homem em movimento”	29
2.7 Mapa conceitual	30
2.8 Simulador “Plano inclinado: Forças e movimento”	31
2.9 Experimentação remota	34
2.10 Finalização do Produto Educacional	37
2.11 Questionário final	38
Capítulo 3: Aplicação do Produto Educacional	39
Capítulo 4: Resultados e análise dos resultados	40
Considerações finais	44
Referências	46

Apêndice A: Produto Educacional 47

INTRODUÇÃO

Esse trabalho busca apresentar os problemas observados pelo autor nas aulas de física do ensino médio, priorizando uma pesquisa bibliográfica, referente à experimentação, simuladores com software e a experimentação remota nas aulas de Física. O presente relato refere-se à aplicação do Produto Educacional em uma escola pública do Estado do Paraná, utilizando principalmente a experimentação remota como elemento motivador e enquanto recurso didático na intenção de desenvolver uma aprendizagem que traga significado ao estudante, especificamente relacionado ao movimento. As ações de ensino foram pautadas na Teoria da Aprendizagem Significativa baseada no autor David Ausubel e direcionado para o conteúdo específico de física: movimento. Este foi realizado através de uma Sequência Didática, seguindo as fundamentações dos autores Antoni Zabala e Joseph Novak, enfatizando a experimentação, simulação e experimentação remota na aprendizagem realizada pelos estudantes.

A pandemia de Covid-19 no Brasil expôs as escolas públicas a um problema de como seria trabalhar de forma não presencial e uma das soluções encontradas foram as aulas remotas, o que propiciou para o uso de simuladores e experimentação remota nas aulas de física.

Neste compasso, as escolas públicas se equiparam com internet, notebooks, projetores, a fim de facilitar o contato dos professores com os estudantes durante a pandemia e posteriormente auxiliar no processo de aprendizagem com a volta das aulas presenciais.

O componente curricular de Física possui uma quantidade de aulas reduzidas na turma em que foi aplicado o produto educacional, contando com duas aulas por semana, além disso, outro fator preponderante é de que também muitas escolas não possuem laboratório e equipamentos para a realização de experimentos. A partir disso, verificou-se uma oportunidade para a utilização de simuladores e experimentação remota nas aulas deste componente curricular, durante e pós pandemia, visando aproximar o educando da experimentação. Conforme salienta Hofstein, a utilização de atividades experimentais no ensino de física, pretende promover uma aproximação maior do estudante com os fenômenos físicos (HOFSTEIN, 2007).

É importante ressaltar que o componente curricular de física, deverá permitir ao estudante desenvolver aptidões para interpretar e resolver problemas, adquirindo competências e habilidades específicas, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN 's). Entre as competências esperadas quanto aos conhecimentos físicos de um estudante do ensino médio, citadas nos PCN 's, é necessário ter a capacidade de perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a relação histórica entre ciência e tecnologia (BRASIL, 2002).

A lei que rege a educação do país, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, de 20 de dezembro de 1996, estabelece que o domínio dos princípios científicos e tecnológicos devem contemplar a produção científica. Portanto, o planejamento de como será conduzida a ação de ensino com a finalidade de permitir que os objetivos contemplados pelos PCNs e LDB em vigor sejam alcançados foi a utilização de simuladores e experimentação remota, que consiste na utilização de instrumentos de mensuração (medição) em tempo real através de uma rede de dados distribuída.

Segundo MA (2006), um laboratório de experimentação remota é caracterizado por mediar a realidade, onde os estudantes possam atuar diretamente, mesmo distantes, fazendo uso de hardware e software específicos para realizar essa mediação. No laboratório de acesso remoto, o estudante verifica em tempo real por vídeo, ou seja, há uma resposta imediata do que está desenvolvendo.

O produto educacional foi pautado na modalidade experimental em que a experimentação remota e os simuladores tornaram-se uma possibilidade. Contém análises dos dados coletados, seguidas pela textual, verificando os resultados desta pesquisa. A respeito das considerações finais sobre o desenrolar do Produto Educacional, apresenta-se as dificuldades encontradas e as contribuições produzidas.

Capítulo 1

Fundamentação teórica

Neste capítulo será apresentada parte da fundamentação teórica necessária, tecnologias e metodologias que serão abordadas. Apresentando posicionamentos didáticos que ocorreram na aplicação do Produto Educacional.

1.1 Teoria de aprendizagem significativa (TAS)

O trabalho realizado foi pautado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) com o viés de promover um conhecimento significativo ao estudante do Ensino Médio sobre o tema “Movimento”, o qual está presente em seu cotidiano, mas que muitas vezes, ensinado de forma mecânica, conhecida como memorística, uma vez que o professor ensina determinado conteúdo e o estudante, por sua vez, absorve sem questionamento ou interpretação e assim, não traz significado relevante.

Segundo Moreira (2011),

"A aprendizagem significativa não é, como se pode pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, é uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que a aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa”.

Portanto, cabe destacar que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica exigem metodologias diferenciadas de trabalho.

Tal como sugere a Figura 1, há uma “zona cinza”. Apresentada por Moreira:



Figura 1. Uma visão esquemática da aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica, sugerindo que na prática grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária desse contínuo e que um ensino significativo pode auxiliar.

A TAS faz relação entre o cotidiano (situações que o estudante está vivendo no cotidiano) e os conteúdos ensinados no colégio (na sua maioria formal). Ausubel utiliza-se dessa relação como um fator motivacional para a aprendizagem. É importante ressaltar que neste trabalho foi utilizado *softwares* e experimentação remota para simular situações que acontecem com os estudantes. Observa-se que mesmo com a falta de familiaridade em relação aos equipamentos remotos, percebe-se claramente a motivação dos estudantes e o despertar da curiosidade que Ausubel cita como subsunçores, que podem ser definidos como esteios ou pilares, pois servem de suporte para a ancoragem de um novo conhecimento que se deseja reter.

Importante enfatizar que a aprendizagem é significativa quando o conceito e a ação realizada, seja pela informação, experimento ou ideia, passa a ser incorporada à sua estrutura cognitiva, seja de forma motivacional ao novo e desconhecido ou até por algo que acontece ao seu redor, o que pode facilitar o grau de clareza na aprendizagem. Portanto, é importante ressaltar que a estrutura cognitiva para Ausubel é o conteúdo total e um organizado de ideias de um dado indivíduo naquela área particular de conhecimento.

Outro fator importante na aprendizagem significativa é verificar o conhecimento prévio, de forma a buscar parâmetros dos conhecimentos que os estudantes possuem e a partir desses pressupostos, organizar o trabalho na construção/elaboração de novos conceitos. Podendo utilizar-se de recursos tecnológicos para isso, formulários *on line*, cuja resposta é prontamente recebida pelo professor a fim de verificar a aprendizagem e possíveis mudanças, acertos ou outros enfoques metodológicos.

1.2 Sequência didática (SD)

Esse trabalho foi desenvolvido em uma perspectiva de sequência didática, buscando elaborar e desenvolver estratégias lógicas de compartilhamento e evolução do conhecimento. Sendo importante que o professor tenha claro a quantidade de aulas que utilizará para realizar a ação e finalizá-la. De acordo com Zabala (1998), a

sequência didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”. Neste trabalho foram ministradas 12 aulas de 50 minutos cada, duas por semana e as atividades foram desenvolvidas com início, meio e fim e cada encontro munido de uma ação introdutória.

Na primeira semana foi aplicado um questionário para diagnosticar o conhecimento prévio dos estudantes e a proposta do PE. Na segunda, iniciou-se com os conceitos iniciais de mecânica utilizando-se do *software google maps e a elaboração de um organograma* com os conceitos aprendidos pelos estudantes e além disso, foi apresentado um experimento simples sobre movimento uniforme e por último, a construção de um gráfico.

Dando sequência a aplicação do PE, na terceira semana para relembrar os conceitos aprendidos anteriormente, utilizou-se um jogo, o que poderia ser realizado por meio de questionamentos orais sobre os conteúdos trabalhados na semana anterior, no entanto, percebe-se que os jogos *online* facilitam a interatividade dos estudantes. Em seguida, foi apresentado o simulador sobre movimento uniforme e movimento uniforme variado, finalizando com um mapa conceitual para verificar a aprendizagem dos estudantes.

Na quarta semana foi trabalhado com o simulador sobre plano inclinado e a resolução de exercícios. Na semana seguinte, desenvolvemos a experimentação remota, a captação de dados e a construção gráfica.

Para finalizar a aplicação do PE, produzimos a apresentação do experimento construído pelos estudantes e a aplicação do questionário para verificar os avanços atingidos.

No decorrer do trabalho será apresentado detalhadamente cada aula da SD.

O mapa conceitual citado na segunda semana de aplicação do PE serviu para verificar a aprendizagem dos estudantes através do *software Cmaptools*, baseado na questão norteadora “O que é Movimento”, a qual auxiliou a compreensão dos estudantes sobre o tema proposto. “Os mapas conceituais têm por objetivo representar

relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica” (NOVAK; GOWIN, 1988).

Outra importante ferramenta utilizada foram os simuladores (*software* e experimentação remota), principalmente através da plataforma *PhET– Interactive Simulations* da Universidade do Colorado. Os simuladores auxiliaram na proposta didática, de modo a mostrar para os estudantes, experimentos que seriam difíceis de reproduzir no ambiente escolar. Porém, foram eficientes na aprendizagem, reproduzindo ações do cotidiano do estudante, além de motivá-los para a aprendizagem e aguçar a sua criatividade, principalmente em escolas sem laboratórios físicos.

É importante citar o sucesso da experimentação remota na aplicação do PE que foi realizado através da captação de dados de um experimento que estava distante, manipulando o equipamento de qualquer lugar onde houvesse acesso à internet, o material citado ficava na Universidade Federal de Santa Catarina, o Laboratório de Experimentação Remota (*RexLab*, sigla oriunda da expressão em inglês - *Remote Experimentation Lab*), visando explorar seu potencial a mais de 600 quilômetros de distância. Os dados foram captados, juntamente com os estudantes, que elaboraram um gráfico que era um dos objetivos da aplicação do produto educacional.

1.3 Revisão teórica dos Conteúdos de Física elencados no produto educacional

1.3.1 Conceitos de comprimento, tempo e massa

Comprimento:

Segundo Nussenzveig, 2002. O método mais simples de medir uma grandeza física é através da comparação direta com um padrão de medida adotada como unidade. Entretanto, isso geralmente só é possível em casos muito especiais e dentro de um domínio e valores bastante limitados. Fora deste domínio, é preciso recorrer a métodos indiretos de medição.

Como afirma Nussenzveig, 2002 (p.23):

O primeiro padrão relativamente preciso de medida de comprimento só foi introduzido após a Revolução Francesa, para atender às necessidades da navegação e da cartografia. O metro foi então definido como sendo 10^{-7} da distância do Pólo Norte ao Equador, ao longo do meridiano de Paris. Após um século, para aumentar a precisão, introduziu-se o metro-padrão, distância entre dois traços numa barra mantida de forma a minimizar efeitos de dilatação térmica, no Ofício Internacional de Pesos e Medidas em Paris. Réplicas deste protótipo eram utilizadas para calibração [...].

Conforme citado acima, o autor enfatiza a evolução das medidas para aumentar a precisão, até chegar em 1960.

Em 1960, foi adotada uma definição muito mais satisfatória e precisa, em termos de um padrão associado a uma grandeza física fundamental: o comprimento de onda de uma radiação luminosa característica emitida por átomos de criptônio 86 (^{86}Kr), um gás raro existente na atmosfera. Quando a luz emitida numa descarga gasosa é analisada num espectroscópio, observa-se um espectro de raias, característico da substância. Uma raia espectral representa luz monocromática, de comprimento de onda bem definido. Foi escolhida uma raia alaranjada do ^{86}Kr ; em termos de seu comprimento de onda λ_{Kr} , definiu-se o metro por $1 \text{ m} = 1.650.763,73 \lambda_{\text{Kr}}$. Note que essa definição implica na possibilidade de medir comprimentos com precisão de 1 parte em 10⁹! Isto se faz através de métodos interferométricos, que serão discutidos no curso de ótica. Em 1983, decidiu-se adotar um novo esquema, mantendo o protótipo da unidade de tempo baseado no relógio atômico, mas substituindo o padrão de comprimento por um padrão de velocidade, baseado em outra constante universal, a velocidade da luz no vácuo, c . Por definição, o valor exato de c é $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$ o que, indiretamente, fixa a definição do metro em termos da definição do segundo: é a distância percorrida pela luz em $1/c$ segundos[...].

Na prática, segundo o autor, para reproduzir o metro com alta precisão, continuam sendo utilizados métodos baseados em comprimentos de onda de raias espectrais, utilizando radiação laser, informações que constam no Sistema Internacional (SI) de unidades de medida.

Enfatizando que o comprimento foi definido como uma grandeza física utilizada para medir a posição de um corpo a partir de um determinado ponto, denominado de referencial.

Tempo:

Moysés Nussenzveig, no livro curso de física básica, 2002, explica que:

Da mesma forma que uma régua permite medir distâncias marcando intervalos iguais de comprimento, um relógio é qualquer instrumento que permite medir o tempo, marcando intervalos de tempo iguais. Qualquer fenômeno periódico, ou seja, que se repete sem alteração cada vez que transcorre um intervalo de tempo determinado (período), pode em princípio ser associado com um relógio. Assim um dos “relógios” mais antigos foi provavelmente associado com o nascer do sol, definindo o intervalo de um dia. Galileu utilizou como relógio as suas pulsações (batimentos cardíacos). Como sabemos que os intervalos de tempo marcados por um relógio são efetivamente iguais? A resposta é que não sabemos. Não adianta invocarmos a sensação subjetiva da passagem do tempo (tempo psicológico), que está associado a um “relógio biológico”,

definido pelo ritmo de nosso metabolismo. Sentimos o tempo passar bem mais depressa em companhia de uma pessoa atraente do sexo oposto do que numa sala de aula, por exemplo! Sabemos também que os dias medidos pelo método do nascer do sol têm duração variável conforme as estações [p.32].

O autor associa o relógio a uma medida de intervalos de tempo iguais, citando o contexto histórico sobre Galileu. Porém, com o relógio atômico, tornou-se mais fácil detectar irregularidades, como cita o mesmo autor:

Num “relógio atômico”, utiliza-se como padrão de frequência uma frequência característica associada a uma radiação (na região de micro-ondas) emitida por átomos de césio 133, que por sua vez controla oscilações eletromagnéticas na região de micro-ondas e um oscilador de quartzo. A precisão do atual padrão primário de tempo é de 2 partes em 10¹⁵ (1s em 20 milhões de anos!). Com o relógio atômico, tornou-se fácil detectar as irregularidades da rotação da Terra já mencionadas (da ordem de 1 parte em 10⁸). Até 1956, a definição da unidade de tempo (1s) se fazia em termos do dia solar médio, a média sobre um ano da duração do dia (de meio-dia a meio-dia), com 1s = 1/86.400 do dia solar médio. Em 1956, tendo em vista as irregularidades na rotação da Terra, adotou-se uma definição baseada na duração do ano (período de revolução da Terra em torno do Sol), mas, levando em conta que esta é também variável (de forma conhecida com grande precisão), relativa à duração do “ano tropical” 1900 (1 ano tropical é o intervalo entre duas passagens consecutivas do Sol pelo equinócio de primavera). Assim, 1 “segundo das efemérides” foi definido como a fração 1/31.556.925,9747 do ano trópico 1900. Finalmente, em 1967, foi decidido definir também o segundo (como o metro) em termos de uma radiação atômica característica. A definição atual do segundo é: 1 s é a duração de 9.162.631.770 períodos da radiação característica do césio 133 que é empregada no relógio atômico [p.33].

Portanto, o tempo é uma magnitude utilizada para medir a duração ou a separação de um ou mais eventos.

Massa:

Segundo Halliday, 2016. A massa é uma característica intrínseca dos corpos (e das partículas fundamentais). A massa de um corpo é a característica que relaciona a força resultante que atua sobre um corpo à aceleração resultante do mesmo. A razão das massas de dois corpos é igual ao inverso da razão das acelerações que os corpos sofrem quando são submetidos à mesma força. Portanto, podemos citar para esse trabalho sobre movimento, que massa é uma grandeza física inerente à matéria, ou seja, a quantidade de matéria na qual determina e representa sua inércia e sua influência gravitacional. Quanto maior a massa de um objeto, maior é sua resistência à inércia e maior tende a ser sua distorção do espaço.

1.3.2 Velocidade média e instantânea

Moysés Nussenzveig, no livro curso de física básica, 2002, explica que:

A análise do movimento é um problema fundamental em física, e a forma mais simples de abordá-la é considerar primeiro os conceitos que intervêm na descrição do movimento (cinemática), sem considerar ainda o problema de como determinar o movimento que se produz numa dada situação física (dinâmica). No presente capítulo, para simplificar ainda mais a discussão, vamos-nos limitar ao movimento em uma só dimensão – por exemplo, o movimento de um automóvel em linha reta ao longo de uma estrada. Como muitos aspectos da cinemática são discutidos no curso secundário, vamos restringir o tratamento a apenas alguns tópicos centrais. Para descrever o movimento, precisamos em primeiro lugar de um referencial, que, no caso unidimensional, é simplesmente uma reta orientada em que se escolhe a origem O; a posição de uma partícula em movimento no instante t é descrita pela abscisa correspondente $x(t)$.

O deslocamento Δx de uma partícula, denomina-se a variação da posição da partícula:

$$\Delta \vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1 \quad (1.1)$$

Quando uma partícula se desloca, da posição x_1 para a posição x_2 , em um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, a velocidade média da partícula durante esse intervalo dada por:

$$\vec{v}_{méd} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (1.2)$$

Lembrando que localizar um objeto significa, determinar a posição do objeto em relação a um ponto de referência. O sentido positivo do eixo indica a posição dos objetos aumentando os valores, sentido para a direita. O sentido oposto é negativo. O deslocamento sendo um exemplo de grandeza vetorial, uma grandeza que possui um módulo e uma orientação. A velocidade instantânea de uma partícula estabelecida por:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt} \quad (1.3)$$

em que $\Delta x = x_2 - x_1$ e $\Delta t = t_2 - t_1$.

1.3.3 Aceleração média e instantânea

Como cita Nussenzveig, 2002 (p.51):

Temos todos uma noção intuitiva do conceito de “aceleração” (por exemplo, o efeito do acelerador num automóvel), como medida da rapidez de variação da velocidade com o tempo. Assim, dizemos que um carro tem “boa aceleração” se é capaz de acelerar de 0 a 120 km/h em 10 s. Conforme vemos neste exemplo, a aceleração mede a “velocidade de variação da velocidade”.

Aceleração média, razão entre a variação de velocidade ($\Delta\vec{v}$) de uma partícula e o intervalo de tempo (Δt) durante o qual a variação ocorre:

$$\vec{a}_{méd} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \quad (1.4)$$

A aceleração instantânea, \vec{a} , é igual à derivada primeira da velocidade \vec{v} (t) em relação ao tempo ou à derivada segunda da posição \vec{x} (t) em relação ao tempo:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2} \quad (1.5)$$

A aceleração constante, sendo média e instantânea são iguais e podemos escrever:

$$\vec{a} = \vec{a}_{méd} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} \quad (1.6)$$

Em (1.6), \vec{v}_0 , velocidade no instante inicial, t_0 , e \vec{v} , velocidade em um instante de tempo posterior t. Considerando $t_0 = 0$, obtemos:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (1.7)$$

A partir da equação (1.7), sabendo a velocidade inicial (\vec{v}_0) de um determinado corpo que se move com uma aceleração \vec{a} , pode-se determinar a sua velocidade em qualquer instante de tempo, t.

1.3.4 Vetores e Escalares

As grandezas podem ser divididas em dois tipos: Grandezas escalares. Necessitam apenas do valor numérico (módulo) para serem compreendidas. Exemplos: massa, temperatura, distância, área, volume, tempo, etc. Grandezas vetoriais: Além do

módulo, necessitam da direção e do sentido para serem compreendidas. A representação da figura abaixo deixa bem clara a diferença entre módulo, direção e sentido:

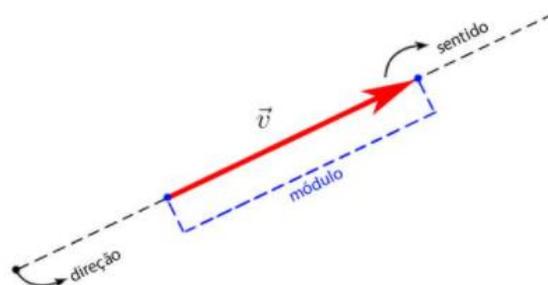


Figura 2 – vetores

Fonte: adaptado de <https://fisica.ufmt.br/nuvem/?p=719>

Como afirma Nussenzveig, 2002:

Para dar uma caracterização intrínseca do deslocamento de uma partícula em sua trajetória em relação a uma origem dada, não basta conhecermos a magnitude do deslocamento (distância à origem): é preciso também especificarmos a direção e o sentido do deslocamento. Por exemplo, não basta para determinar a posição de um carro dizer que ele se deslocou de 100 Km em relação ao ponto de partida. Definiremos completamente o deslocamento, por outro lado, dizendo que ele se deu segundo a direção Norte-Sul, e no sentido Sul para o Norte. Uma representação geométrica do deslocamento pode ser obtida por uma seta, que dá diretamente a direção e sentido, e cujo comprimento mede a magnitude do deslocamento [p.64].

O deslocamento, a velocidade e a aceleração são exemplos de grandezas físicas vetoriais. Porém, nem toda grandeza física envolve uma orientação como a temperatura, a pressão, a energia, a massa e o tempo, por exemplo, não indicam uma direção. Chamamos essas grandezas de escalares e lidamos com elas pelas regras da álgebra. Um único valor, possivelmente com um sinal algébrico especifica um escalar.

1.3.5 Primeira Lei de Newton

Antes da formulação das leis enunciadas, pensava-se na influência da força que deveria ser necessária para manter um corpo em movimento com velocidade constante, um corpo estava em seu estado natural apenas quando encontrava-se em repouso. A partir de inúmeras observações, Newton concluiu que um corpo mantém seu estado de movimento com velocidade constante, se nenhuma força agir sobre ele. Isso nos leva à primeira das três leis: Primeira Lei de Newton: Se nenhuma força atua sobre

um corpo, sua velocidade não pode mudar, isto é, o corpo não pode sofrer aceleração. Assim, se o corpo está em repouso, permanecerá em repouso; se está em movimento, continuará com a mesma velocidade (mesmo módulo e mesma orientação).

A primeira lei de Newton não se aplica em todos os referenciais, mas em todas as situações podemos encontrar referenciais nos quais essa lei torna-se verdadeira. Esses referenciais são chamados de referenciais inerciais. Como cita Nussenzveig, 2002:

Isso indica outro ponto importante na compreensão da 1ª lei: ela não pode ser válida em qualquer referencial. Os referenciais em que é válida chamam-se referenciais inerciais. A Terra não é um referencial inercial. Entretanto, o movimento de rotação da Terra em torno do eixo afeta muito pouco os movimentos usuais, na escala de laboratório, e na prática, nessa escala, empregar o laboratório como referencial inercial é uma boa aproximação (o movimento de rotação da Terra pode ser evidenciado. Por outro lado, um referencial ligado às estrelas fixas é, com excelente aproximação, um referencial inercial, e é a este tipo de referencial que nos referimos, em princípio, daqui por diante. Decorre imediatamente que um referencial em movimento retilíneo uniforme em relação a um referencial inercial é também inercial (porque um corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação a um deles também estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação ao outro). Logo, dispondo de um referencial inercial (ligado às estrelas fixas), dispomos em consequência de uma infinidade deles. A expressão “movimento retilíneo” refere-se à geometria euclidiana que não é um conceito válido a priori, mas está sujeito à verificação experimental. Em escala cosmológica, observam-se desvios, mas na escala em que estaremos aplicando as leis da mecânica clássica tais desvios são desprezíveis [p.95].

1.3.6 Segunda Lei de Newton

Antes de iniciar a 2ª Lei de Newton, é importante ressaltar, conforme relembra Nussenzveig, no livro curso de física básica, 2002, cita que:

Uma das implicações da 1ª lei é que qualquer variação da velocidade v de um corpo (em módulo ou em direção) em relação a um referencial inercial, ou seja, qualquer aceleração, deve estar associada à ação de forças. Isso sugere procurar uma relação mais precisa entre força e aceleração [p.95].

A mudança de movimento proporcional à força motora imprimida e produzida na direção de linha reta na qual a força foi aplicada. Pode-se expressar a força por meio de uma outra grandeza vetorial denominada momento linear, \vec{p} . Essa grandeza física dada por:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1.8)$$

Em (1.8), m é a massa do corpo que se move e \vec{v} a sua velocidade.

Decorre desta definição que \vec{p} possui um vetor. Se m não varia com o tempo, obtemos, derivando em relação ao tempo:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (1.9)$$

O que corresponde à formulação da segunda lei de Newton: a variação temporal do momento linear proporcional à força impressa e tem a direção da força:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1.10)$$

O autor cita também que:

Usualmente adotaremos o Sistema Internacional (SI) de unidades, em que a unidade de comprimento é o metro, a de massa é o quilograma, a de tempo é o segundo. Todas as demais unidades mecânicas poderão ser expressas em termos destas três. Assim, utilizar a definição de newton (N), unidade de força do sistema SI. Por definição, 1 N é a força que, quando aplicada a um corpo de massa de 1 kg, imprime-lhe uma aceleração de 1 m/s^2 . Para ter uma ideia concreta da ordem de grandeza do newton, lembramos que, 1 N é a ordem de grandeza da força-peso exercida pela gravidade sobre um objeto de massa $\approx 100 \text{ g}$. [p.97].

A Segunda lei de Newton é o princípio fundamental da dinâmica, é a lei básica que permite determinar a evolução de um sistema na mecânica clássica.

1.3.6.1 Força Gravitacional

Força Gravitacional ou interação gravitacional é a força que se dá a partir da interação mútua entre dois corpos. Pode ser atrativa ou repulsiva, o que torna possível ficarmos em pé, devido ao fato de a Terra exercer força gravitacional sobre os corpos.

Segundo Tipler, 2000, cita que:

A gravidade é a mais fraca das forças fundamentais do Universo. É desprezível nas interações de partículas elementares e não tem qualquer papel nas propriedades das moléculas, dos átomos ou dos núcleos atômicos. A atração gravitacional entre corpos de dimensões comuns, por exemplo entre um automóvel e um edifício, é muito pequena para ser percebida. Entre corpos muito grandes, como as estrelas, os planetas, os satélites, porém, a gravidade tem uma importância de primeiro plano. A força gravitacional da Terra sobre os corpos que nos rodeiam é a parte fundamental da nossa

experiência. É a gravidade que nos mantém sobre os solo e mantém a Terra e os outros planetas nas suas respectivas órbitas do sistema solar. A força gravitacional tem um papel importante na história das estrelas e no comportamento das galáxias. Numa escala muito grande, é a gravidade que controla a evolução do Universo. [p.300].

O autor cita ainda o fascínio pelo movimento dos corpos celestes e as consequências desses movimentos em nossas vidas aqui na Terra. Por questões de cunho religioso, durante muito tempo pressupôs que o movimento desses corpos acontecia de modo que a Terra tinha uma posição central neste conceito. Os religiosos acreditavam que o homem era o único ser vivo no Universo e o criador naturalmente o colocou num local principal, num planeta dito “especial”. Era difícil aceitar o tamanho inferior do homem frente às dimensões do Universo. Por esse motivo, todos aqueles que consideravam alguma ideia diferente deste geocentrismo era considerado herege. O fazer ciência era considerado uma mera comprovação das crenças religiosas.

No entanto, a partir dos dados observacionais do astrônomo Tycho Brahe, Johannes Kepler descobriu empiricamente que as trajetórias dos planetas em torno do Sol eram elipses. Também é importante citar que foi Isaac Newton quem mostrou os fundamentos de uma teoria da gravitação, que comprova as previsões de Kepler e as observações de Tycho Brahe que iriam além ao analisar a interação entre duas massas quaisquer. Quando um corpo de massa m_1 está a uma distância r de um outro corpo de massa m_2 , a força de atração entre eles está dirigida ao longo da reta que une os corpos e tem a forma:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.11)$$

onde $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{s}^2$

1.3.6.2 Forças de contato

O peso de um corpo está relacionado à massa através da equação:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1.12)$$

A força normal sendo exercida sobre um corpo, apoiado na superfície é sempre perpendicular à superfície.

Citando também, A força de contato, \vec{F}_{AT} exercida sobre um corpo quando desliza ou tenta deslizar em uma superfície. Sempre paralela à superfície e tem o sentido oposto ao do deslizamento. Em uma superfície ideal, a força de atrito é desprezível. O módulo de \vec{F}_{AT} possui um valor máximo dado por μ , coeficiente de atrito e \vec{N} , módulo da força normal que a superfície exerce sobre o corpo. Se o módulo da componente de paralela à superfície excede, o corpo começa a deslizar na superfície.

$$\vec{F}_{At} = \mu \cdot \vec{F}_N \quad (1.13)$$

A força de atrito pode ser classificada de duas formas: Força de atrito cinético (ou dinâmico), força que surge em oposição ao movimento; Força de atrito estático que atua sobre o objeto em repouso e dificulta ou impossibilita o início do movimento. O módulo da força de atrito estático ou cinético depende principalmente do módulo da força normal às superfícies em contato e dos materiais que constituem essas superfícies o que definem o coeficiente de atrito entre eles.

Se um bloco de massa for colocado sobre um plano inclinado, sem atrito, sobre esse bloco são exercidas duas forças: peso, devido à atração da Terra e a força normal, exercida pelo plano e perpendicular a ele, para cima. Como as forças peso e normal não são exercidas na mesma direção, elas nunca se equilibram, nesse caso, como são as únicas forças exercidas sobre o bloco, elas admitem uma resultante que o faz descer o plano com aceleração constante. Como ilustra a Figura 2 a seguir:

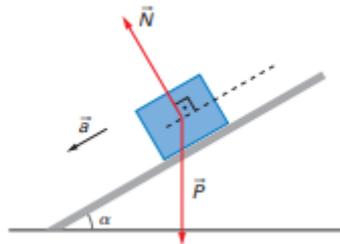


Figura 3 – Plano Inclinado-Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Para determinar essa aceleração faz-se necessário calcular a força resultante exercida sobre o bloco. Para isso, decompomos o peso \vec{P} em dois componentes, perpendicular ao plano \vec{P}_y e outro paralelo ao plano \vec{P}_x . Substituindo o peso \vec{P} por seus componentes, podemos verificar que \vec{P}_y e \vec{N} se equilibram, pois a

força normal é exercida pelo plano sobre o bloco devido a esse componente do peso. Como demonstra a figura 3.

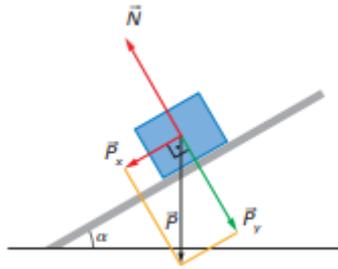


Figura 4-Plano inclinado - Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Das relações trigonométricas nos triângulos retângulos, como demonstra a figura 4.

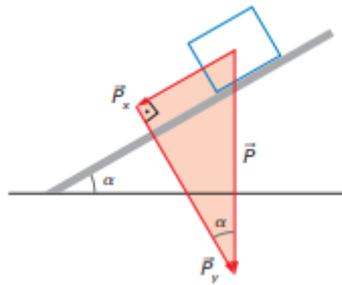


Figura 5-Plano inclinado - Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Obtemos,

$$\alpha = \frac{Px}{P} \therefore Px = P \cdot \text{sen } \alpha \quad (1.14)$$

$$\cos \alpha = \frac{Py}{P} \therefore Py = P \cdot \cos \alpha \quad (1.15)$$

Aplicando a segunda lei de Newton, em módulo às forças exercidas sobre o bloco e sendo $F_R = Px = P \cdot \text{sen } \alpha$ e $P = mg$, temos:

$$ma = mg \cdot \text{sen } \alpha \therefore a = g \cdot \text{sen } \alpha \quad (1.16)$$

Essa é a expressão do módulo da aceleração adquirida pelo bloco que desliza, sem atrito, sobre um plano inclinado de um ângulo α em relação à horizontal. O cancelamento da massa, na obtenção dessa expressão, tem um importante significado físico: a aceleração de queda ao longo do plano, sem atrito, não depende da massa do

corpo. Trata-se, portanto, de uma situação perfeitamente análoga ao movimento de queda livre, em que a aceleração da gravidade também não depende da massa do corpo.

1.3.7 Terceira Lei de Newton

Dizemos que dois corpos interagem quando empurram ou puxam um ao outro, ou seja, quando cada corpo exerce uma força sobre o outro. Por exemplo, considere um livro apoiado sobre uma carteira. Nesse exemplo, o livro e a carteira interagem: a carteira exerce uma força horizontal sobre o livro, e este, exerce uma força horizontal sobre a carteira. A terceira lei de Newton afirma o seguinte: Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e direção, porém, com sentidos opostos.

A 3ª lei de Newton enunciada como “A toda ação corresponde uma reação igual e contrária, ou seja, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”. Esta lei também é conhecida como o “Princípio da Ação e Reação”. É importante notar que a “ação” e a “reação” estão sempre aplicadas a corpos diferentes.

Vejamos agora um exemplo citado no livro curso de física básica, de Moysés Nussenzveig, 2002, cita que:

Quando fazemos pressão sobre uma pedra com um dedo, exercendo uma força F_p (aplicada à pedra) a reação da pedra sobre nosso dedo é uma força $F_d = -F_p$ (aplicada ao dedo), que produz uma deformação da ponta do dedo onde ela está em contato com a pedra. A reação decorre de uma deformação da pedra, extremamente pequena (na escala atômica). Não é recomendável chutar com força uma pedra de massa apreciável! [p.105].

Outro exemplo clássico que o autor cita é um objeto atraído pela Terra, qual é a reação à força-peso P ? Como P representa o efeito da atração gravitacional da Terra sobre uma partícula, a reação $-P$, aplicada à Terra, representa a atração gravitacional exercida pela partícula sobre a Terra. Como a massa da Terra é imensamente maior que a da partícula, a aceleração resultante da Terra é imperceptível.

Capítulo 2: Produto educacional

O desenvolvimento do Produto Educacional foi pautado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), baseada no autor David Ausubel, buscando alcançar

um conhecimento significativo junto aos estudantes sobre o conteúdo “movimento”. Este projeto foi realizado por meio de uma sequência didática, seguindo as fundamentações dos autores Antoni Zabala e Joseph Novak. O PE enfatiza a experimentação, simulação e experimentação remota na aprendizagem dos conteúdos apresentados. O conteúdo sobre movimento de acordo com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008), foca principalmente as Leis de Newton, porém devido a limitação de aulas, foram embasados apenas os conteúdos específicos citados no quadro 1.

Quadro 1 – Conteúdos trabalhados na aplicação do Produto Educacional

Conteúdo Estruturante	Conteúdos Básicos	Conteúdos Específicos
Movimento	Movimento Retilíneo	-Medindo grandezas como o comprimento, tempo e massa; -Posição, deslocamento e velocidade média;
	Primeira Lei de Newton	-Velocidade Instantânea; - Aceleração Média e Instantânea;
	Segunda Lei de Newton	-Vetores e suas componentes; -Primeira Lei de Newton; -Força e massa;
	Terceira Lei de Newton	-Segunda Lei de Newton; -Força Peso e Normal; -Força de Atrito e Plano Inclinado; -Terceira Lei de Newton;

Fonte: DCE de Física do Estado do Paraná (2008).

O quadro 2 apresenta a sequência didática da forma que foi planejada: 12 aulas de 50 minutos cada, aplicadas em 2 aulas geminadas por semana. Dessa forma, cada encontro foi finalizado com uma atividade, pois a próxima aula aconteceria na próxima semana. Cada encontro era iniciado revisando o que foi desenvolvido anteriormente.

Quadro 2 – Sequência didática com atividades do produto educacional

Cronograma	Número de aulas	Desenvolvimento
1º encontro	1ª e 2ª aula de 50 minutos cada	-Aplicação de um questionário diagnóstico; -Apresentação da proposta do PE;
2º encontro	3ª e 4ª aula de 50 minutos cada	-Conceito iniciais de mecânica utilizando o Google Maps; -Elaboração de um organograma com os conceitos iniciais; -Apresentação de um experimento bolha de ar; -Construção de gráfico com papel milimetrado;
3º encontro	5ª e 6ª aula de 50 minutos cada	-Jogo para relembrar os conteúdos trabalhados; -Simulador <i>Phet</i> – homem em movimento; -Mapa conceitual;
4º encontro	7ª e 8ª aula de 50 minutos cada	-Simulador <i>Phet</i> – plano inclinado: forças e movimento; -Resolução de exercícios;
5º encontro	9ª e 10ª aula de 50 minutos cada	-Experimentação remota; -Captação de dados e gráfico;
6º encontro	11ª e 12ª aula de 50 minutos cada	-Apresentação do experimento construído pelos estudantes; -Aplicação de um questionário para diagnosticar os avanços; -Finalização do PE;

Fonte: o autor, 2021.

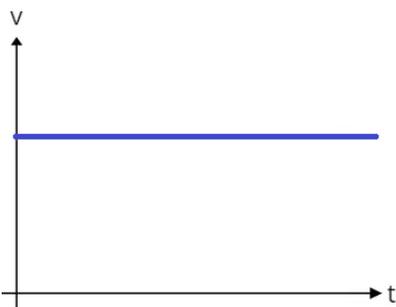
2.1 Questionário Prévio

Para a aplicação do PE, iniciou-se com a aplicação do questionário diagnóstico contendo cinco questões teóricas dos conteúdos de física que foram posteriormente abordados e três questões sobre experimentação. Procurou-se, nesse primeiro momento, evitar questões envolvendo cálculos, para verificar a compreensão dos alunos sobre os conceitos. Ao final da aplicação do PE, foi repetido o mesmo questionário (5 questões). Devido a isso, nessa etapa, não foram passadas as respostas. Foram acrescentados, substituindo as questões sobre experimentação, perguntas sobre a compreensão dos experimentos, simuladores e experimentação remota.

Seguem as questões:

Questionário prévio sobre Movimento

1-Analise o gráfico a seguir e assinale a alternativa que indica corretamente o tipo de movimento representado.



- a) movimento positivo.
- b) movimento uniforme e progressivo. X
- c) movimento uniforme e retrógrado.
- d) movimento uniformemente retardado.
- e) movimento uniformemente acelerado.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-graficos-movimento-uniforme.htm>

2 -A tendência que um corpo apresenta de manter seu estado de movimento retilíneo ou repouso é conhecida como:

- a) velocidade.
- b) força.
- c) aceleração.
- d) inércia. X

e) impulso.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-primeira-lei-de-newton.htm>

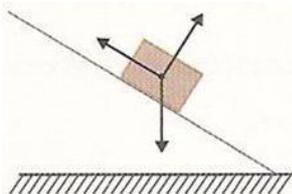
3- Quando aplicamos uma força resultante não nula sobre um corpo, ele passa a se mover com uma certa aceleração. A força resultante sobre esse corpo equivale a:

- a) variação da sua velocidade em relação ao tempo.
- b) variação da sua posição em relação ao tempo.
- c) variação da sua quantidade de movimento em relação ao tempo. X
- d) variação da sua energia cinética em relação ao tempo.
- e) variação da distância em relação ao tempo.

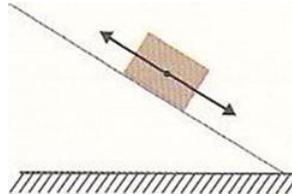
Fonte: adaptado do site <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/segunda-lei-newton.htm>

4- Um bloco de gelo desprende-se de uma geleira e desce um plano inclinado com atrito. Qual o diagrama que representa corretamente as forças que atuam sobre o bloco?

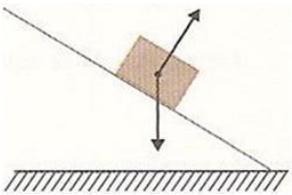
a) X



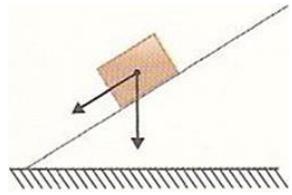
b)



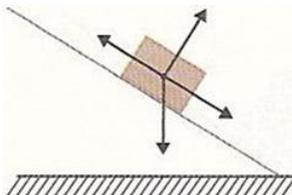
c)



d)



e)



Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-plano-inclinado-com-atrito.htm#resp-2>

5 - A terceira Lei de Newton diz que: "A uma ação corresponde uma reação de módulo igual à ação, porém de sentido contrário". No caso de um corpo em queda livre, dizemos que ele está sujeito apenas:

- a) à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que resultante forneça aceleração.
- b) à força de atração da Terra, porque é desprezível a força de reação.
- c) à força de reação proveniente da ação da força da Terra.
- d) às forças de ação e reação, que, agindo sobre o corpo, se anulam.
- e) à força de atração da Terra. X

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pares-forca-acao-reacao.htm>

Segue as questões sobre a parte experimental do PE, com um breve texto explicativo sobre atividades experimentais, simuladores e experimentação remota. De forma a esclarecer quaisquer dúvidas que venham ocorrer.

Questionário prévio sobre os experimentos

Atividades experimentais proporcionam aos estudantes um ambiente onde eles possam testar as suas hipóteses, indagações e curiosidades, além de fazer uso da criatividade para resolver possíveis situações- problemas durante a prática.

1- Durante o ensino médio, quantas atividades experimentais foram realizadas durante as aulas?

- a) nenhuma;
- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Os simuladores nos permitem que façamos simulações de situações experimentais, possibilitando ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos e levá-lo a participar efetivamente no seu processo de aprendizagem.

2- Algum professor realizou simulações experimentais para sua turma durante o ensino médio?

- a) nenhuma;

- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Os Experimentos Remotos são experimentos físicos reais que se encontram em outro ambiente e podem ser acessados remotamente 24 horas por dia de qualquer lugar do mundo por meio de um computador ou dispositivo móvel com acesso à internet.

3- Algum professor já realizou alguma experimentação remota na sua turma, durante o ensino médio?

- a) nenhuma;
- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Fonte: o autor, 2021.

2.2 Introdução aos conteúdos

A aplicação do PE iniciou-se com apresentação de imagens (Figuras 6 a 13) e questionamentos sobre o movimento, a fim de instigar os estudantes e verificar quais os organizadores prévios que os mesmos possuíam referente ao tema proposto. O professor pode utilizar imagens ou recortes da atualidade e da região dos estudantes na intenção de chamar a atenção ao que as imagens utilizadas representam:

Figura 6: Em um jogo de futebol existe movimento?



Fonte: adaptada do site <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/jogada/veja-os-horarios-dos-jogos-de-futebol-de-hoje-terca-feira-17-1.3011789>

Figura 7: Onde está o movimento em uma corrida de fórmula 1?



Fonte: adaptada do site <https://globoesporte.globo.com/motor/formula1/noticia/calendario-da-formula-1-em-2019.ghtml>

Figura 8: Em um deslizamento de terra tem movimento?



Fonte: adaptada do site <https://www.infoescola.com/geologia/deslizamento-de-terra/>

Figura 9: Que tipo de movimento uma gota de chuva realiza ao atingir um objeto?



Fonte: adaptada do site:

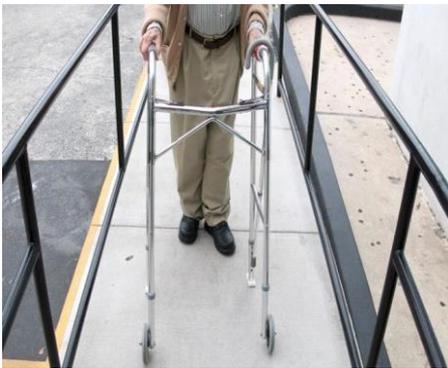
https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/03/29/interna_gerais.1251681/chuva-forte-em-bh-causa-estragos-e-fecha-vias-por-risco-de-transbordamento.shtml

Figura 10: Essa rampa facilita o trabalho para descarregar os tijolos?



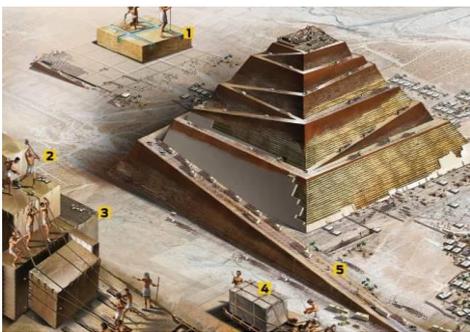
Fonte: adaptada do site <https://www.aecweb.com.br/produto/rampa-para-descarga/17209>

Figura 11: Porque a rampa não é reta?



Fonte: adaptada do site <https://www.watplast.com.br/blog/entenda-como-projetar-a-inclinacao-de-uma-rampa-de-acessibilidade-corretamente/>

Figura 12: Os egípcios usavam essa engenharia?



Fonte: adaptada do site <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-egipcios-ergueram-blocos-tao-pesados-para-construir-as-piramides/>

Figura 13: A terra faz algum tipo de movimento?



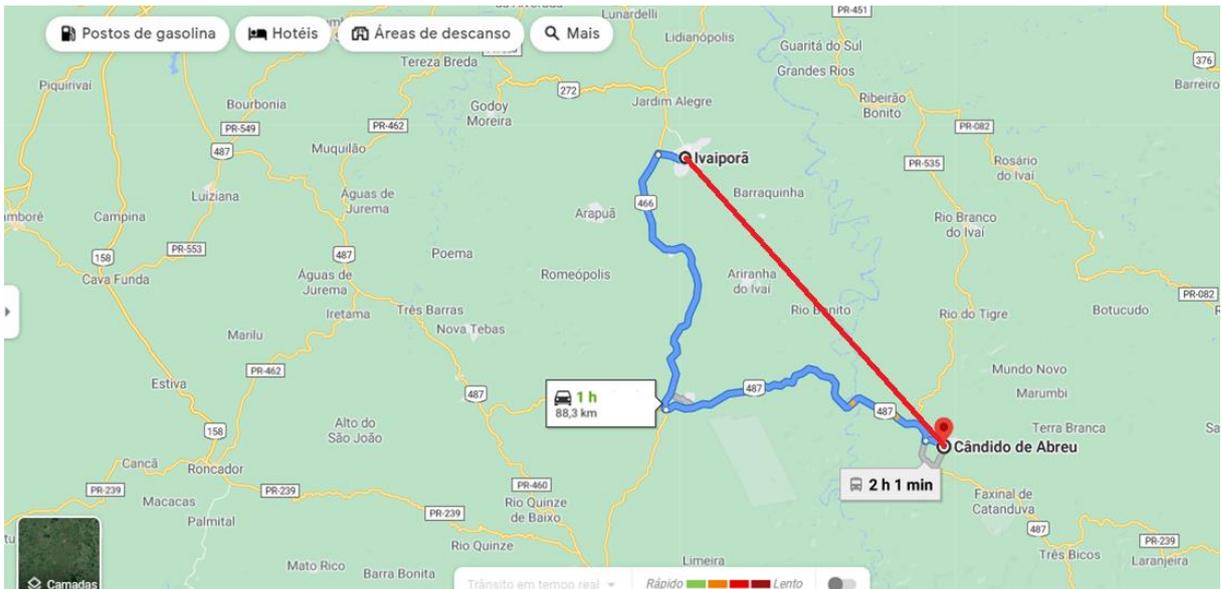
Fonte: adaptada do site <https://escolaeducacao.com.br/movimentos-da-terra-e-seus-efeitos/>

A partir das imagens buscou-se construir subsunçores, ao qual Ausubel chama de conceito subsunçor o que entendemos como conhecimento prévio, ou seja, uma estrutura de conhecimentos específicos preexistentes na estrutura cognitiva do estudante. Sendo assim, verifica-se os conhecimentos acerca do movimento com aceleração constante, a necessidade de compreensão do conceito de posição, instante de tempo, velocidade, aceleração, etc.

2.3 Conceitos iniciais de mecânica

Os questionamentos apresentados anteriormente serviram como estímulo, buscando desenvolver a subsunção referente ao movimento. Logo em seguida, através do *software google maps*, foram introduzidos os conceitos de mecânica, como: comprimento, tempo, massa, espaço percorrido e deslocamento. Como ilustra a imagem abaixo:

Figura 14: Cândido de Abreu à Ivaiporã – Google Maps

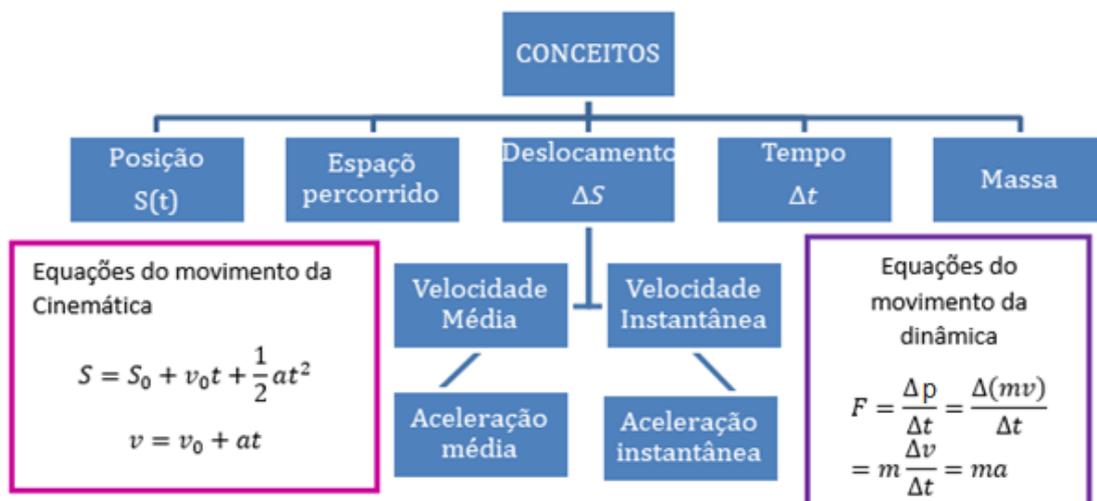


Fonte: Google. 2021. Google Maps.

Percebeu - se que o espaço percorrido de Cândido de Abreu a Ivaiporã é de 88,3 km, tal espaço percorrido processo de ida e volta é de 176,6 km (indicada pela linha azul). O deslocamento compreende-se como a distância do percurso ida e volta (indicada pela linha vermelha). Indo e voltando o deslocamento fica nulo, não importando o caminho feito. Mas ficou claro que quanto maior a massa, pode-se levar mais tempo para percorrer o mesmo espaço. Com base nesses dados, foi organizado um organograma, partindo do seguinte questionamento:

O que podemos calcular conhecendo essas quantidades em termos de movimento?

Organograma 1: Conceitos de Mecânica

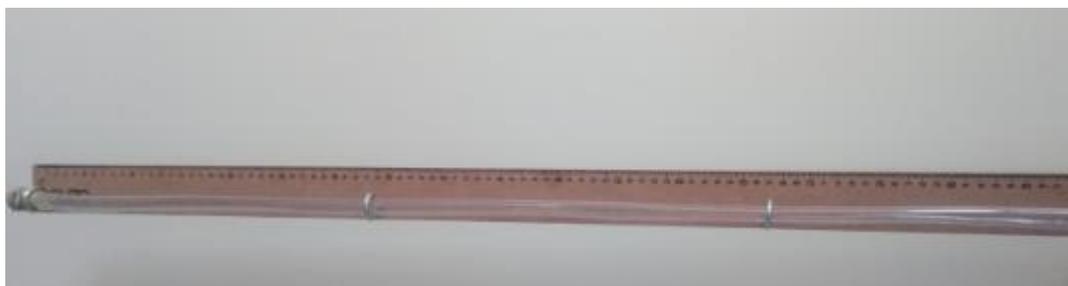


Fonte: o autor, 2021.

2.4 Experimento “bolha de ar”

A seguir, foi apresentado o experimento da bolha de ar, que visa desenvolver o subsunçor de velocidade média constante, que consiste num experimento proposto pelo autor para determinar experimentalmente a velocidade constante típica de um movimento uniforme. Os materiais utilizados foram: uma régua de madeira de um metro, uma mangueira transparente de um metro, duas rolhas, 100 ml de óleo e para prender a mangueira na régua foram utilizados três ganchos de metal. A Figura 15 ilustra a montagem experimental.

Figura 15: Experimento “bolha de ar”



Fonte: o autor, 2021.

O experimento foi apoiado em um objeto para indicar um plano inclinado. Para a retirada dos dados, utiliza-se a tabela abaixo, (posição x tempo):

Tabela 1: Dados do experimento

S(cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
t (s)									

Fonte: o autor, 2021.

Com os dados em mãos, passou-se para a confecção manual do gráfico (S versus t) em papel milimetrado. Para contornar os obstáculos impostos pela pandemia de COVID-19 foi encaminhado um arquivo com papel milimetrado aos estudantes. Assim, quem tivesse condições de imprimi-lo poderia utilizá-lo. Àqueles que, por alguma razão, não pudessem imprimir o papel milimetrado, poderiam fazer no caderno.

Link do site ao qual o papel milimetrado está disponível para impressão:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1813575/mod_resource/content/2/papel%20milimetrado.pdf

Com a realização desse experimento, incluindo a captação de dados e a confecção do gráfico, buscou-se a compreensão do movimento uniforme.

2.5 Jogo para fixação dos conteúdos trabalhados

Para fixar os conteúdos trabalhados, utilizou-se um jogo online (ver Figura 16). Esse jogo também foi disponibilizado no formato PDF (*Portable Document Format*) para eventuais ausências de internet para a utilização. Com o jogo, verificou-se a aprendizagem obtida até o momento da aplicação do PE, as dificuldades e o que poderia ser sanado. É importante salientar que esse jogo foi utilizado apenas para verificar se os objetivos estavam sendo atingidos. Lembrando também que o jogo poderia ser realizado em formato de *quizz*, questionamentos orais, perguntas para sorteios entre os estudantes. A escolha fica a critério do professor que irá aplicar o PE.

Figura 16: Jogo para fixação de conteúdos



Fonte: adaptado do blog [FÓRMULA GEO: Jogue on-line: vocabulário físico \(formulageo.blogspot.com\)](http://formulageo.blogspot.com)

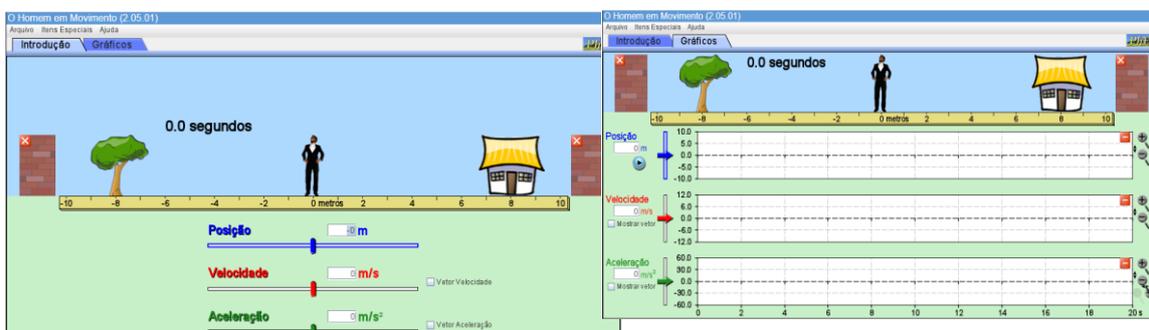
Com o jogo, verificou-se os organizadores previamente adquiridos pelos estudantes, tais como, velocidade, posição, peso, aceleração entre outros conceitos.

2.6 Simulador “homem em movimento”

A partir dos conceitos discutidos, da experimentação e dos jogos *on line*, passou-se a utilizar simuladores de experimentos, possibilitando ao estudante desenvolver a sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos e levá-lo a participar efetivamente do seu processo de aprendizagem. Foi utilizado o simulador *Phet*

Colorado – O homem em movimento. A Figura 17 mostra o simulador *Phet Colorado* – O homem em movimento e o *site* para a sua utilização.

Figura 17: Simulador *Phet Colorado* – O homem em movimento



Fonte: adaptado do site https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/moving-man/latest/moving-man.html?simulation=moving-man&locale=pt_BR

Na tela inicial do simulador na barra “introdução”, na parte superior do simulador, indica a posição, velocidade e aceleração. Em seguida, aperta o botão “play” e a figura do homem começa a se movimentar. Passando para a barra “gráficos”, na parte superior, verifica-se três gráficos de posição, velocidade e aceleração, novamente ao clicar no botão “play”, inicia-se a construção do gráfico, conforme o deslocamento da figura do homem. Foi solicitado aos estudantes que introduzissem dados ao simulador, familiarizando-se com o mesmo, verificando os resultados.

Com esse simulador, buscou-se a compreensão dos estudantes sobre velocidade constante.

2.7 Mapa conceitual

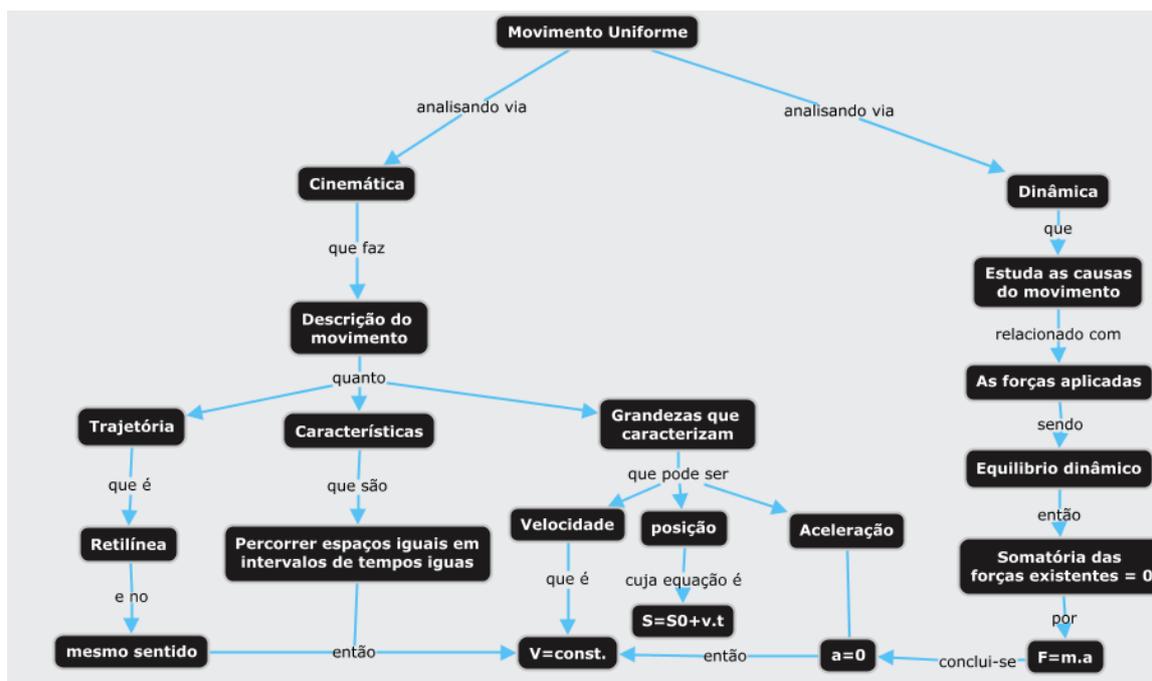
Em seguida, foi elaborado um mapa conceitual com os estudantes, a fim de verificar os conceitos adquiridos até o momento. Recomenda-se que se estiver no final da aula, solicite aos estudantes que elaborem o mapa conceitual e na próxima aula apresentem à turma.

O mapa conceitual parte sempre de uma pergunta, o professor deverá direcionar os estudantes de modo que pergunta não fique muito ampla, dificultando a finalização do mapa. Lembrando que o mapa conceitual apresenta informações do momento, ou seja, das seis aulas de aplicação do PE e do conhecimento que os

estudantes já dispunham. Partimos da pergunta focal, a fim de respondê-la, lembrando que o professor irá direcionar os trabalhos, porém são os estudantes que apresentam a pergunta e os conceitos, como citado abaixo a pergunta focal e o mapa conceitual:

- *O que é o movimento uniforme?*

Imagem 18: Mapa conceitual - Elaborado com o Software Cmaptools



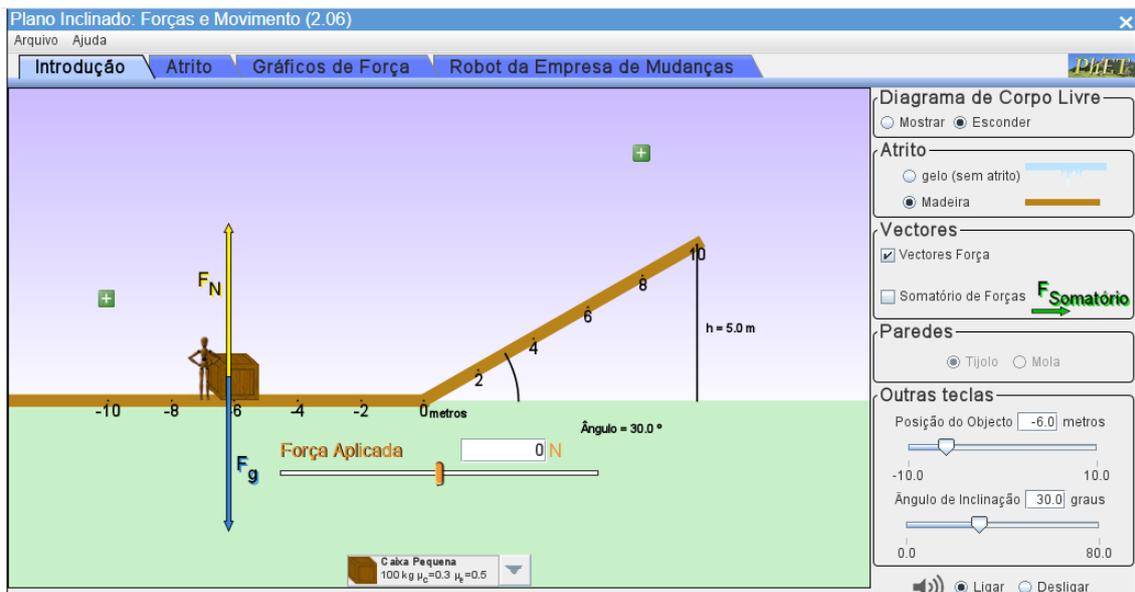
Fonte: o autor e os estudantes 4ºano Formação Docente do Colégio Estadual Dr. Cândido de Abreu/Pr, 2021.

2.8 Simulador “Plano inclinado: Forças e movimento”

Com esse simulador foi trabalhado a segunda Lei de Newton com aplicações de forças, força de atrito e plano inclinado. Iniciando a apresentação do *software* para os estudantes, apresentamos que na seta “força aplicada”, aplica-se uma força, o diagrama mostra a força, o peso e o atrito no objeto. A parte direita, seleciona a opção: gelo que age como uma superfície sem atrito ou madeira utilizando o atrito. Estes vetores que demonstram a direção e sentido das forças que atuam, entre outras funções, não utilizaremos nessa simulação.

Voltando a introdução do *software*, regula-se o ângulo proporcionando a altura da inclinação. Como mostra a imagem a seguir:

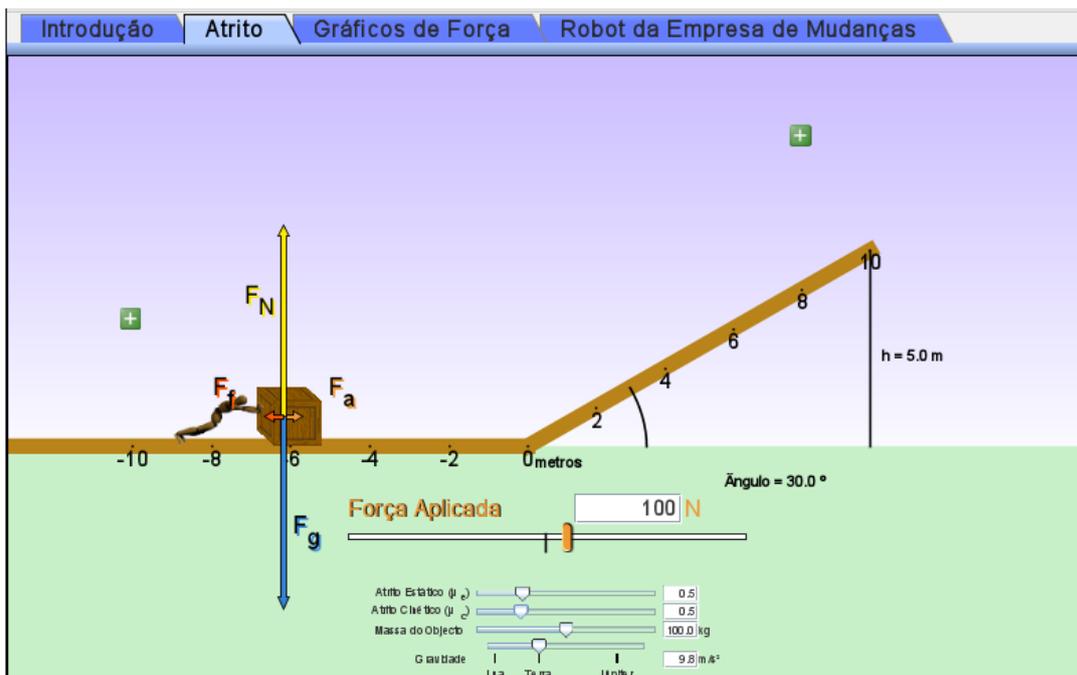
Figura 19: Interface do Simulador Plano inclinado: Forças e movimento



Fonte: adaptado do site <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/motion-series/latest/motion-series.html?simulation=ramp-forces-and-motion&locale=pt>

Logo após apresentar o simulador aos estudantes, passou-se a trabalhar a força de atrito, diferenciando o atrito estático do cinético (dinâmico), realizando algumas simulações. Como ilustra a imagem:

Imagem 20: Interface do Simulador Plano inclinado: Forças e movimento



Fonte: adaptado do site <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/motion-series/latest/motion-series.html?simulation=ramp-forces-and-motion&locale=pt>

Posteriormente, foi trabalhado o plano inclinado com o simulador, solicitando aos estudantes que realizassem simulações, a fim de esclarecer possíveis dúvidas. Após alguns minutos, tempo necessário para os estudantes realizassem simulações no *software*, foram aplicados dois exercícios sobre o tema. Os alunos aplicaram os dados dos exercícios no *software* e em seguida, resolveram os exercícios seguintes no caderno:

Exercício 1: Um bloco de madeira com massa de 10 kg é submetido a uma força que tenta colocá-lo em movimento. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é 0,6, calcule o valor da força necessária para colocar o bloco na situação de iminência do movimento. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-forca-atrito.htm>

Exercício 2: Um plano inclinado liso e sem atritos apresenta ângulo de 30° em relação ao solo. Sendo a gravidade local de 10 m/s^2 , determine a aceleração adquirida por um corpo posto a deslizar a partir do topo desse plano.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-plano-inclinado.htm>

2.9 Experimentação remota

Prosseguindo a aplicação do PE, utilizou-se a experimentação remota ao qual pode ser realizada em qualquer ambiente que tenha um computador ou celular com acesso à internet. Este experimento possibilitou calcular o tempo que uma esfera leva para passar a cada 10 cm da régua e compará-lo com o tempo dado pelo cronômetro do próprio experimento. Para acessar esse equipamento, localizado na Universidade Federal de Santa Catarina utilizou-se o link <http://relle.ufsc.br/labs/7#> e após o acesso, regulou-se o ângulo para -15° , para que a esfera rolasse até o topo do equipamento, clicando em enviar o equipamento prenderá a esfera, seguindo para o ângulo desejado, clica na opção enviar, assim a esfera é solta, obtendo os dados. Como ilustra a imagem abaixo.

Imagem 21: Interface do experimento remoto sobre plano inclinado



Fonte: Guia didático do Experimento Remoto plano inclinado, Universidade Federal de Santa Catarina - <http://rexlabs.ufsc.br/>

Ao clicar em “acessar”, é estabelecida a conexão com o equipamento de forma remota, como ilustra a imagem a seguir.



Fonte: Laboratório de experimentação remota da Universidade Federal de Santa Catarina - <http://rele.ufsc.br/labs/7>

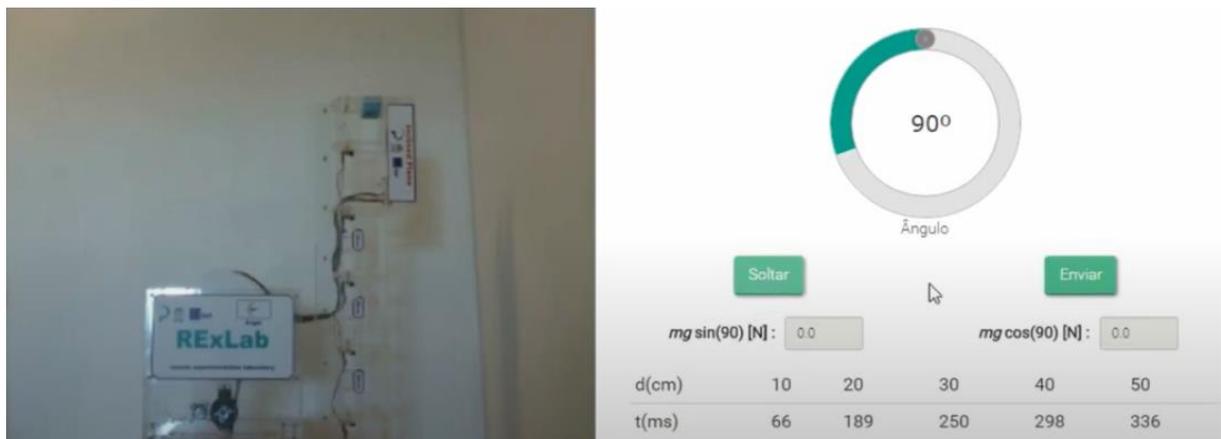
Percebe-se a bola vermelha no canto superior esquerdo, o equipamento inicia-se a -15° , à espera do comando. Como indica a imagem abaixo:



Fonte: Laboratório de experimentação remota da Universidade Federal de Santa Catarina - <http://rele.ufsc.br/labs/7>

Logo em seguida, o equipamento forneceu os dados em uma tabela mostrando a distância a cada 10 cm pelo tempo de queda da bola. Como demonstra a imagem a seguir com os dados captados no ângulo 90°.

Imagem 22: Captação de dados do experimento remoto sobre plano inclinado

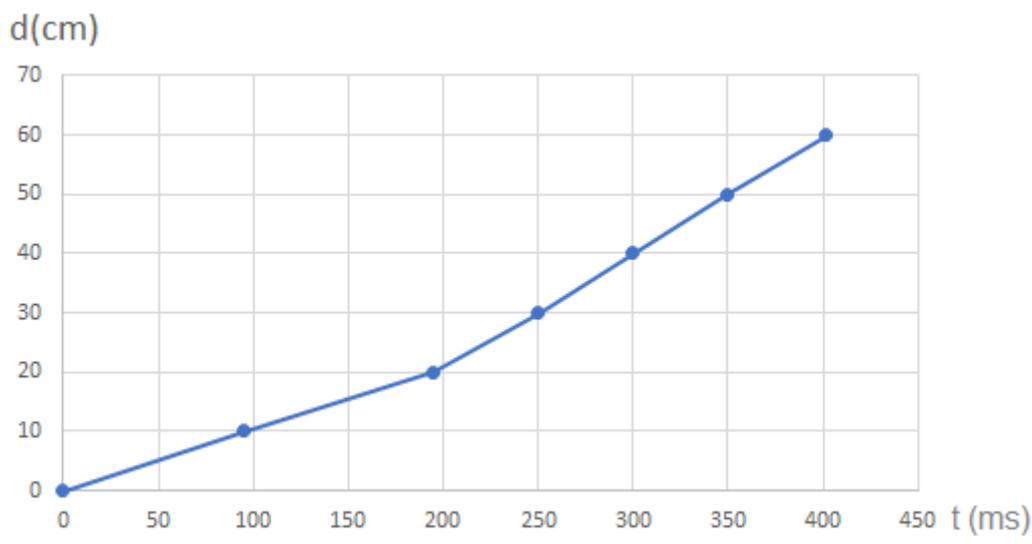


Fonte: Laboratório de experimentação remota da Universidade Federal de Santa Catarina - <http://rele.ufsc.br/labs/7>

A queda a cada 10 cm da régua nos forneceu o tempo em que a esfera passou pelos pontos, conforme a tabela acima. Com isso, foram obtidos os dados posição x tempo dado pelo experimento. Utilizando os ângulos desejados, foi possível elaborar um gráfico da altura pelo tempo, o ideal seria obter várias medições do mesmo

ângulo e fazer a média, esses dados ajudam a construir um gráfico. Nesse exemplo foram utilizados os dados acima citados como apresenta-se a seguir:

Gráfico 1: Gráfico dos dados obtidos com o experimento remoto



Fonte: o autor, 2021.

Durante a aplicação do PE foi solicitado aos estudantes que obtivessem os dados através do experimento. Para facilitar, construímos o gráfico por meio do *software Excel*, como demonstrado acima. Dessa forma, os estudantes tiveram mais tempo para que todos realizassem pelo menos uma medição com o equipamento.

Nota-se pelo gráfico que a velocidade não era constante. E com as equações que serão citadas abaixo, pode-se conferir se os resultados foram precisos.

A aceleração média: $a_{med} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$, considerando $t = t_f - t_i$

$a_{med} = \frac{v_f - v_i}{t}$, multiplicando $at = v_f - v_i$, organizando: $v_f = v_i + at$

Considerando a aceleração da gravidade, obtemos a equação (1.17):

$$v_f = v_i + g \cdot t \quad \text{Equação horária da velocidade (2.1)}$$

A equação da posição para um movimento uniforme é $x = x_0 + v \cdot t$, oriunda de $v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$. Para considerarmos um movimento uniforme variado,

substituímos (2.1) na equação da posição para o movimento uniforme.

Consideramos $v_{méd} = \frac{1}{2} (v_0 + v)$, obtemos a equação (2.2)

$$x_f = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \quad \text{Equação horária da posição (2.2)}$$

Para determinarmos a equação de Torricelli, usamos a função horária da velocidade do MUV com a função horária da posição. Isolamos a variável t (tempo) na função horária da velocidade e substituímos essa incógnita na função horária da velocidade. Obtemos a equação (2.3):

$$v_f^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta h \quad \text{Equação de Torricelli (2.3)}$$

Na equação 2.1, substitui-se a aceleração pela aceleração gravitacional. E na equação 2.2, substitui-se a posição final e inicial pela altura final e inicial. Na equação 2.3, substitui-se o espaço percorrido pelo corpo e pela altura.

2.10 Finalização do Produto Educacional

Foi sugerido aos estudantes, para a finalização do PE, que elaborassem um experimento sobre o plano inclinado, utilizando materiais disponíveis em suas casas, tais como: cabos de vassoura ou rodos, trilho de cortinas, entre outros materiais. E para soltar, a bola de gude. A apresentação do experimento deveria ser apresentada no último encontro. O foco da apresentação era perceber a inclinação do experimento, atrito da bola de gude, velocidade e aceleração da bola, queda livre ou movimento uniformemente variado.

Foi realizada a aplicação do mesmo questionário do início do PE a fim de verificar os avanços obtidos com a turma. No entanto, foram acrescentadas de quatro novas perguntas sobre o experimento, simuladores e experimentos remotos trabalhados.

2.11 Questionário final

Utilizando uma escala para verificar a compreensão das atividades realizadas no PE, de notas de 1 a 5, em que 1 é a nota mínima e que significa pouca compreensão, resultando em mínima aprendizagem e 5 é a nota máxima que significa compreensão boa, resultando em máxima aprendizagem.

1- Aplicação do experimento “bolha de ar”, explicação, conceitos e elaboração gráfica:

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

2- Utilização do simulador “homem em movimento” Posição, Velocidade e Aceleração:

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

3- Utilização do simulador “Plano inclinado: forças e movimentos” Forças, Força de atrito e plano inclinado:

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

4- Captação de dados com o experimento remoto “plano inclinado” Queda livre e plano inclinado:

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

Fonte: o autor, 2021.

Capítulo 3: Aplicação do Produto Educacional

O Produto Educacional foi aplicado no Colégio Estadual Dr. Cândido de Abreu, localizado na cidade de Cândido de Abreu/Pr. A instituição de ensino possui os cursos de ensino médio e técnico. O curso técnico é o de Formação de docentes. Os alunos são aproximadamente 50% oriundos da zona rural, pautados nos trabalhos em pequenas propriedades rurais. Parte geradora de empregos da cidade são as cerâmicas que produzem uma quantidade significativa de tijolos para a região em torno do município.

A aplicação do PE foi realizada em uma turma do 4º ano do Curso de Formação de Docentes, composta por 18 alunos, dos quais obtiveram uma participação expressiva. Das 12 aulas utilizadas na aplicação, 3 faltas foram observadas. Os alunos correspondem a uma faixa etária de 16 e 17 anos. Importante ressaltar que nessa turma possuem 3 estudantes de origem indígena, pois o município abriga uma comunidade indígena kaingang em seu território. As aulas utilizadas foram do próprio autor, sendo duas aulas semanais aplicadas às segundas-feiras, aulas estas geminadas, com duração de 50 minutos cada.

A proposta de aplicação eram oficinas presenciais, contando com a construção de experimentos, utilização do laboratório de informática da escola, registro de dados, elaboração de gráficos, entre outras atividades planejadas. Porém em decorrência da pandemia SARSCOV-2, as atividades presenciais ficaram impossibilitadas desde março de 2020 até o presente momento (setembro de 2021), devido a isso, foi optado pela aplicação remota, adaptando o PE em alguns pontos, mas mantendo a essência do mesmo.

As adaptações foram para substituir a construção do experimento, pela apresentação do mesmo pelo professor e, no final, pelos estudantes. Além disso, também foram introduzidas condições novas, que não tinham sido cogitadas, como utilização de jogos de física para fixação de conteúdos e elaboração de mapas conceituais com o *software Cmaptools*.

Outra modificação que ocorreu durante a aplicação foi a não utilização de questões prévias que envolvessem cálculos, pois durante a pandemia ficou evidente a dificuldade dos estudantes na realização de exercícios envolvendo o mesmo. Não foram

utilizadas questões abertas e sim objetivas, a fim de verificar o conhecimento prévio, não ocasionando pesquisas na internet, já que os estudantes estavam de forma remota.

Capítulo 4: Resultados e análise dos resultados

Apresentaremos uma análise dos resultados das três questões prévias sobre experimentação, simuladores e experimentação remota, pois estes foram a base deste PE. Foi introduzido em cada questão uma explicação sobre experimentação em sala de aula, simuladores e experimentação remota, de modo que os alunos não tenham dúvidas para marcar. As três questões foram:

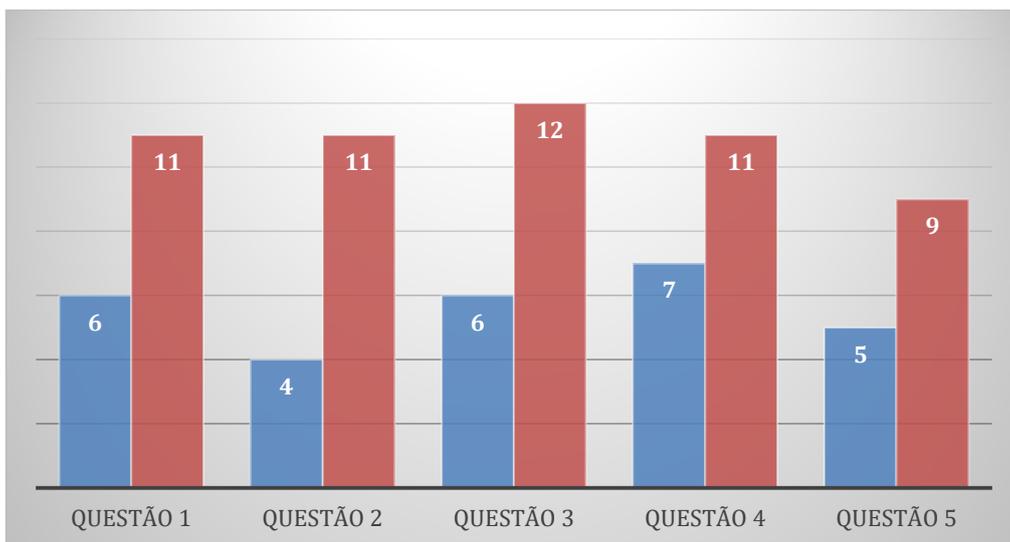
Tabela 2: Dados prévios

Pergunta	nenhuma	uma	duas	três	quatro ou mais
1- Durante o ensino médio, quantas atividades experimentais foram realizadas durante as aulas?	22%	56%	44%	0	0
2- Algum professor realizou simulações experimentais para sua turma durante o ensino médio?	89%	11%	0	0	0
3- Algum professor já realizou experimentação remota na sua turma, durante o ensino médio?	100%	0	0	0	0

Foi perceptível a pouca realização de experimentação nas aulas de física durante o ensino médio e a utilização de simuladores. Foi observado que nenhum estudante tinha conhecimento a respeito da experimentação remota. O que também fica evidente é que este PE vem ao encontro desta necessidade, pois utiliza ferramentas que estão disponíveis aos professores e que podem estimular a aprendizagem. Durante essa análise foram apresentados mais dados que corroboram com os números citados acima.

Em seguida, foram apresentadas as questões específicas dos conteúdos trabalhados, cinco questões, apresentando os dados antes da aplicação e após aplicação, para analisar a evolução. Como ilustra o gráfico a seguir:

Gráfico 2: Avanços na aplicação do PE



Quantidade de alunos que responderam corretamente.

Os 18 estudantes responderam as questões, ao qual indica a quantidade de alunos que obtiveram êxito nas respostas, os avanços foram perceptíveis. Posteriormente, passou-se para a análise individual de cada questão. A primeira questão focou no movimento uniforme, porém os estudantes tiveram dificuldades em compreender o gráfico, poucos perceberam a aceleração constante. Depois da aplicação do PE, onde foi demonstrado no simulador, “o homem em movimento” ficou mais claro apresentando evolução nas respostas.

A segunda questão enfatizou a Primeira Lei de Newton, contudo, os estudantes responderam de acordo com os conhecimentos prévios, percebe-se que as palavras velocidade, força e aceleração, são mais utilizadas nos seus vocabulários, já a palavra inércia e a sua compreensão eram desconhecidas para alguns, porém após os conceitos iniciais de mecânica, organograma e mapa conceitual apresentaram uma evolução ao final da aplicação, apresentando o maior avanço das questões.

Na terceira questão, a qual perguntou sobre a Segunda Lei de Newton, com base nos conhecimentos prévios os estudantes obtiveram 33% de acerto, dobrando esse valor após a aplicação do PE. Na quarta questão apresentou a menor evolução de 7 questões corretas para 11 questões, que enfatizou o plano inclinado, porém, nota-se que o exercício que foi selecionado abordou aspectos distantes da realidade dos estudantes, “um bloco de gelo desprende-se de uma geleira e desce um plano inclinado com atrito”, o que dificulta a interpretação. Mesmo assim, levando em consideração o contexto da

explicação, houve uma evolução no segundo questionário em relação ao primeiro. Nota-se que se o exercício fosse melhor selecionado, a evolução seria maior.

Na última questão foi abordada a Terceira Lei de Newton, onde os estudantes continuaram obtendo êxito, avançando de 5 questões corretas para 9.

Observou-se que no questionário prévio a média dos acertos foi de 31% e após a aplicação do PE, passou para 60%, o que resulta quase o dobro, afirmando a evolução dos estudantes. Apesar dos estudantes faltosos, mesmo faltando em algumas aulas (três estudantes faltaram em uma aula) conseguiram acompanhar a aplicação e compreender os conceitos abordados.

Analisando os dados experimentais, é possível notar anteriormente que durante o ensino médio, os estudantes realizaram poucas atividades experimentais e trabalharam poucas vezes com simuladores. Percebendo essa defasagem, foi questionado aos estudantes através de questões objetivas, a aceitação dessa abordagem experimental, simuladores e experimentação remota. Como expresso na tabela abaixo:

Tabela 3 – Resultados do experimento, simuladores e experimentação remota

Pergunta	Porcentagem
1-Aplicação do experimento “bolha de ar”, explicação, conceitos e elaboração gráfica:	4,4
2-Utilização do simulador “homem em movimento” Posição, Velocidade e Aceleração:	4,1
3-Utilização do simulador “Plano inclinado: forças e movimentos” Forças, Força de atrito e plano inclinado:	3,8
4-Captação de dados com o experimento remoto “plano inclinado” Queda livre e plano inclinado:	4,7

Utilizados notas de 1 a 5.

A escala utilizada para verificar a compreensão das atividades realizadas no PE foi a de notas de 1 a 5, as quais denotam que 1 é a nota mínima e que significa pouca compreensão, resultando em mínima aprendizagem e 5, é a nota máxima que significa compreensão boa, resultando em máxima aprendizagem. Segundo Oliveira, 2010, podemos perceber algumas abordagens referente às atividades experimentais.

Foi proposto aos estudantes com atividade complementar que construíssem um aparato experimental na intenção de que refletissem a respeito dos conteúdos trabalhados. A experimentação não era de cunho obrigatório, e sim opcional. Dos 18 estudantes que participaram da aplicação, 9, realizaram os experimentos e

apresentaram aos colegas o que envolveram plano inclinado, força de atrito, ângulo, entre outras grandezas físicas trabalhados na aplicação do PE.

Foi desenvolvido um mapa conceitual que buscou a interação entre os estudantes, expressando os conteúdos adquiridos até o momento. Ao final da aplicação, pode-se elaborar outro MC para analisar os avanços obtidos. Utilizou-se um jogo de conceitos físicos para fixação dos conteúdos o que foi um sucesso, pois os jovens gostam de competir, pois sentem-se desafiados. A conclusão da análise dos resultados foi positiva, pois houve um avanço no trabalho sequencial e significativo para os estudantes.

Considerações finais

A aplicação do produto educacional sobre movimento, abordando experimentação, simuladores e experimentação remota, embasada na teoria da aprendizagem significativa do autor Ausubel foi de grande relevância. Uma vez que por meio desses recursos citados, buscou-se obter uma aprendizagem além da mecânica e sim com significado, utilizando-se de uma sequência didática embasada nos autores Zabala e Novak.

Além dos simuladores, experimentação e experimentação remota, foram meios para a aprendizagem efetiva e significativa o uso de mapas conceituais, jogos, organograma, construção de gráficos, resolução de exercícios e questionários. O Produto Educacional poderia ser aplicado de forma presencial com pequenas adaptações para efetivar a aprendizagem significativa, mas devido a impossibilidade de aulas presenciais devido a pandemia do SARSCOV-2, a aplicação foi remota, demandando pequenas adaptações que foram citadas ao longo do trabalho.

Diante de todas as dificuldades, percebeu-se que há inúmeros recursos à disposição do professor, como simuladores computacionais disponibilizados gratuitamente, laboratórios de experimentação remota que podem proporcionar ao estudante de escolas públicas, mesmo distantes e com realidades precárias, ter condições de aprendizagem igualando-se às escolas com recursos.

É importante ressaltar que essa linha de pesquisa deste trabalho foi pioneira no Núcleo Regional de Educação de Ivaiporã, ao qual o autor leciona.

O professor precisa usar toda a sua criatividade, saber analisar os recursos disponíveis ao seu redor como os software, jogos, imagens, vídeos, experimentos, entre outras. Levando em conta que as atividades que muitas vezes são consideradas simples, podem proporcionar grande aprendizagem se usadas corretamente.

Foi possível perceber também que o professor precisa de formação adequada que direcione o seu trabalho e que o oriente de forma a motivá-lo. Muitas

vezes, estão focados em seu trabalho rotineiro, não percebendo ações que possam guiar seu trabalho de forma transformadora.

Observou-se que a experimentação remota não é do conhecimento de todos os professores, mas que norteou esse trabalho, abrindo um leque de opções ao autor. E ainda, possibilitando que os estudantes citados, também conhecessem essa ferramenta.

Com toda a tecnologia disponível, ainda há professores que não conhecem essas ferramentas aplicadas neste PE e o autor era um deles, mas a superação aconteceu ao longo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e os 13 anos lecionando foram lapidados, para que os próximos sejam cada vez melhores.

Os estudantes deram um retorno muito grande a esse processo de ensino aprendizagem, pois perceberam a importância de o professor trabalhar uma sequência didática que aponte meios para elucidar as dúvidas e exercícios que ampliem o conhecimento. Dúvidas surgiram e muitas foram sanadas, questionamentos sobre a experimentação remota aconteceu como por exemplo: “como que eu posso controlar um equipamento longe?”. Estas foram simples situações que o professor enfrenta em sala de aula todos os dias, mas que podem ser superadas.

Portanto, o presente trabalho apresenta a possibilidade de repensar as práticas do ensino de física, de modo que sejam significativas aos estudantes.

Referências

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. PCN+ – Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – FÍSICA. Brasília: MEC/SEB, 2002, 40 p.

GASPAR, A. Compreendendo a física, Conteúdo: v. 1. Mecânica – 2ª. ed. – São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume 1 : mecânica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HOFSTEIN, A.; NAAMAN, R. M. The laboratory in science education: the state of the art. Chem. Educ. Res. Pract., Londres, v. 8, p. 105-107, 2007.

LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996. BRASIL.

MA, J.; NICKERSON, J. V.; Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. ACM Computing Surveys, vol. 38, n3, art.7, Nova York. Set. de 2006.

MOREIRA, M.A. (1999). Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB.

MOREIRA. M. A. Teorias de aprendizagem. Editora EPU, 2011.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. Teoria e pratica da educação. 1988.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física básica/H. Moysés Nussenzveig – 4ªedição – São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

OLIVEIRA, J. R. S.– Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. Acta Scientiae. v.12, n.1, p. 139-156, Jan./Jun. 2010.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do. Diretrizes Curriculares da Educação Básica –Física. Departamento de Educação Básica. Curitiba, 2008.

FÍSICA, Vol 1 - TIPLER, P – Física, 4ª. ed. – 2000 (ou Vol 1. 2ª.ed. da LTC Editora,.1999).

ZABALA, A. A Prática Educativa: como ensinar. trad. Ernani F. da F. R. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Apêndice A: Produto Educacional

Este Produto Educacional - PE é uma sequência didática que foi elaborada e aplicada no Ensino Médio, no curso de Formação de Docentes, buscando promover a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos sobre movimento, utilizando principalmente experimentos, simuladores e experimentação remota.

Essa SD está organizada em 12 aulas de 50 minutos cada. Atualmente, na educação, busca-se um maior protagonismo dos educandos e este PE apresenta roteiro para desenvolver experimentos e simuladores com exercícios para fixação destes conteúdos. De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel – TAS, a motivação é uma condição indispensável para que a aprendizagem significativa ocorra.

A partir disso, neste trabalho, procurou-se desenvolver subsunçores nos educandos, os quais pudessem fazer referência a algo que tinham visto e estudado e por meio deste conceito facilitador, partir para um novo assunto, ou seja, um conhecimento prévio que facilitasse a inserção de uma nova informação.

Os conteúdos citados ao longo deste trabalho estão de acordo com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008).

Convidamos você, professor, que utilize e divulgue aos demais professores este PE. Como resultado geral, ele se mostrou eficiente para promover a aprendizagem significativa dos conceitos sobre movimento.



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

DOUGLAS RODRIGO IENE

BRINCANDO COM O MOVIMENTO

Capítulo 1: Fundamentação teórica

1.1 Teoria de aprendizagem significativa (TAS)

O trabalho realizado foi pautado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) com o viés de promover um conhecimento significativo ao estudante do Ensino Médio sobre o tema Movimento, que é algo que está presente na vida do estudante, mas que é trabalhado de uma forma ao qual não é percebido por ele. Muitas vezes, é ensinado de forma mecânica o que não atinge a sua relevância.

Portanto, a TAS têm relação entre o cotidiano (situações em que o estudante está vivendo no cotidiano) e os conteúdos aplicados no colégio (na sua maioria, formal). Ausubel utiliza-se dessa relação como um fator motivacional para a aprendizagem.

É importante ressaltar que neste trabalho foram utilizados *softwares* e experimentação remota para simular situações que acontecem com os estudantes.

Mesmo com a falta de familiaridade com os equipamentos remotos, percebe-se claramente a motivação e o despertar da curiosidade que a mais de uma década lecionando, não percebia.

É importante enfatizar também que a aprendizagem significativa se dá quando o conceito, a ação realizada, seja pela informação, pelo experimento ou pela ideia, adquire significado para o estudante. E para que seja incorporada à sua estrutura cognitiva, pode ser de forma motivacional ao novo e desconhecido, ou algo que acontece ao seu redor, facilitando o grau de clareza na aprendizagem.

Outro fator importante na aprendizagem significativa, é a verificação do conhecimento prévio, na intenção de buscar parâmetros dos conhecimentos que já possuem, de forma a organizar seu trabalho na construção/elaboração de novos

conceitos. Para se obter estas informações por meio de recursos tecnológicos, utilizamos formulários *on line*, cuja resposta é prontamente recebida pelo professor a fim de verificar a aprendizagem e possíveis mudanças, acertos ou outros enfoques.

1.2 Sequência didática (SD)

O trabalho foi desenvolvido em uma perspectiva de sequência didática, buscando elaborar e desenvolver estratégias lógicas de compartilhamento e evolução do conhecimento. É importante o professor ter claro a quantidade de aulas que irá realizar para o cumprimento da atividade, pois deverá finalizar a atividade de forma a compreender o processo da sequência didática. Para Zabala (1998), sequência didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”.

Neste trabalho foram utilizadas 12 aulas de 50 minutos cada, ao qual utilizava-se duas aulas geminadas por semana, desenvolvidas com início, meio e fim. A cada encontro, munido de uma ação introdutória, como imagens, vídeos, questionários, a fim de motivar e verificar o conhecimento prévio, logo em seguida, a proposta era de desenvolver uma ação, que pode ser um experimento ou simulador entre outras atividades. E para finalizar, com uma ação que busque um *feedback* verificando a aprendizagem, acertos e falhas, como mapas conceituais, exercícios, manuseio de simuladores com coleta de dados, entre outros.

Nessa sequência didática, visou ao longo dos seis encontros (duas aulas geminadas por semana, totalizando 12 aulas de 50 minutos cada), ter uma atividade ápice, valorizando o encontro, buscando uma aprendizagem significativa e sempre motivando-os para o próximo encontro, resultando numa frequência constante ao longo da aplicação do produto educacional.

Ao final de um encontro foi utilizado um mapa conceitual para verificar os conceitos trabalhados, através do *software Cmaptools*, baseado em uma questão norteadora ao qual irá direcionar as ações. Os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Tendo em vista que uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica (NOVAK; GOWIN, 1988).

Outra importante ferramenta utilizada neste trabalho foram os simuladores (*software* e experimentação remoto), principalmente através da plataforma *PhET– Interactive Simulations* da Universidade do Colorado. Os simuladores podem auxiliar nas propostas didáticas, de modo a mostrar aos alunos que os experimentos que seriam difíceis de reproduzir no ambiente escolar, estão próximos por meio das plataformas de aprendizagem. E ainda, se mostrando eficientes na aprendizagem significativa, pois reproduzem ações do cotidiano do estudante, além de motivá-los e aguçar suas criatividade, principalmente em escolas onde não se tem laboratório.

Ainda é importante ressaltar que o sucesso da experimentação remota, se dá pela captação de dados de um experimento que está distante, sendo manipulado de qualquer lugar onde haja acesso à internet. O material citado fica na Universidade Federal de Santa Catarina, o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab, sigla oriunda da expressão em inglês - *Remote Experimentation Lab*), visando explorar seu potencial a mais de 600 quilômetros de distância, captamos os dados, juntamente com os alunos, onde elaboraram um gráfico que é um dos objetivos da aplicação do produto educacional.

1.3 Revisão teórica dos Conteúdos de Física elencados no produto educacional

Conceitos de comprimento, tempo e massa

As medições físicas se baseiam em medidas de grandezas físicas, como comprimento, tempo e massa, que foram definidas como padrão e receberam uma unidades de medidas correspondentes, que são: metro, segundo e quilograma.

O sistema de unidades adotado neste trabalho é o Sistema Internacional de Unidades (SI). O comprimento é definido como a distância percorrida pela luz durante um intervalo de tempo especificado. Tempo é definido em termos das oscilações da luz emitida por um isótopo de um elemento químico (césio 133). Massa é definida a partir de um padrão de massa de platina-irídio mantida em um laboratório nas vizinhanças de Paris. E para as medições em escala atômica, é comumente usada a unidade de massa atômica, definida a partir do átomo de carbono 12.

É importante enfatizar que o comprimento é definido como uma grandeza física utilizada para medida de posição de um corpo a partir de um determinado ponto que é denominado de referencial, como o espaço percorrido e o

deslocamento. O espaço percorrido é toda a trajetória, se o corpo for de um ponto a outro é a soma da distância total percorrida. O deslocamento é a distância do ponto inicial ao ponto final. Se o corpo for do ponto inicial até o final e retornar ao ponto inicial, o deslocamento é nulo.

Velocidade média e instantânea

O deslocamento Δx de uma partícula é a variação da posição da partícula:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (1.1)$$

Quando uma partícula se desloca da posição x_1 para a posição x_2 em um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, a velocidade média da partícula durante esse intervalo é dada por:

$$v_{méd} = \frac{dx(x_2 - x_1)}{dx(t_2 - t_1)} \quad (1.2)$$

A velocidade escalar média $V_{méd}$ de uma partícula em um intervalo de tempo Δt é dada por:

$$v_{méd} = \frac{\text{distância total}}{\Delta t} \quad (1.3)$$

Lembrando que o fato de localizar um objeto, significa determinar a posição do objeto em relação a um ponto de referência. O sentido positivo do eixo é o sentido em que os números (coordenadas) que indicam a posição dos objetos aumentam de valor. E esse sentido é para a direita. O sentido oposto é o sentido negativo. O deslocamento é um exemplo de grandeza vetorial, uma grandeza que possui um módulo e uma orientação. A velocidade instantânea de uma partícula é dada por:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (1.4)$$

em que $\Delta x = x_2 - x_1$ e $\Delta t = t_2 - t_1$.

Aceleração média e instantânea

A aceleração média é a razão entre a variação de velocidade (Δv) de uma partícula e o intervalo de tempo (Δt) durante o qual a variação ocorre:

$$a_{méd} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1.5)$$

A aceleração instantânea, a , é igual à derivada primeira da velocidade $v(t)$ em relação ao tempo ou à derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1.6)$$

Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais e podemos escrever:

$$a = a_{méd} = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (1.7)$$

Resultando, v_0 é a velocidade no instante $t = 0$ e v é a velocidade em um instante de tempo posterior t , obtemos:

$$v = v_0 + at \quad (1.8)$$

Vetores e Escalares

As grandezas podem ser divididas em dois tipos: Grandezas escalares e vetoriais. As Grandezas escalares necessitam apenas do valor numérico (módulo) para serem compreendidas como exemplo, temos a: massa, temperatura, distância, área, volume, tempo, etc. Já as Grandezas vetoriais, além do módulo, necessitam da direção e do sentido para serem compreendidas.

Observe a figura abaixo, para ficar bem clara a diferença entre módulo, direção e sentido:

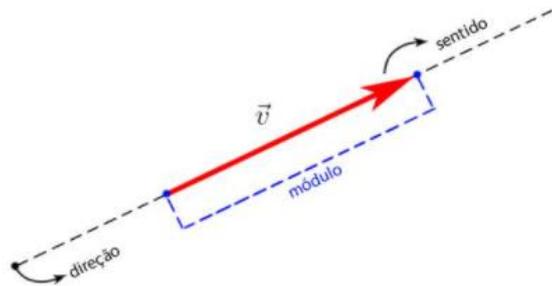


Figura 1 – vetores

Fonte: adaptado de <https://fisica.ufmt.br/nuvem/?p=719>

O deslocamento, a velocidade e a aceleração são exemplos de grandezas físicas vetoriais. Porém, nem toda grandeza física envolve uma orientação. São exemplos disso, a temperatura, a pressão, a energia, a massa e o tempo. Chamamos essas grandezas de escalares e lidamos com elas pelas regras da álgebra comum. Um único valor, possivelmente com um sinal algébrico é suficiente para especificar um escalar. A grandeza vetorial mais simples é o deslocamento ou mudança de posição. Um vetor que representa um deslocamento é chamado de vetor de deslocamento.

Primeira Lei de Newton

Antes da formulação das leis que vamos enunciar, pensava-se que uma influência, uma força, que fosse necessária para manter um corpo em movimento com velocidade constante e que um corpo estava em seu estado natural apenas quando se encontrava em repouso. A partir de inúmeras observações, Newton concluiu que um corpo manterá seu estado de movimento com velocidade constante se nenhuma força agir sobre ele. Isso nos leva à primeira das três leis: Primeira Lei de Newton: Se nenhuma força atua sobre um corpo, sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer aceleração. E ainda, se o corpo está em repouso, permanece em repouso; se está em movimento, continua com a mesma velocidade (mesmo módulo e mesma orientação).

A primeira lei de Newton não se aplica em todos os referenciais, mas em todas as situações, podemos encontrar referenciais nos quais essa lei é verdadeira. Esses referenciais são chamados de referenciais inerciais.

Segunda Lei de Newton

A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada. Ou seja, o momento linear de uma partícula é o produto de sua massa por sua velocidade.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1.8)$$

Decorre desta definição que p é um vetor. Se m não varia com o tempo, obtemos derivando em relação ao tempo:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (1.9)$$

O que corresponde à formulação da segunda lei de Newton, a variação do momento é proporcional à força impressa e tem a direção da força:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1.10)$$

O peso de um corpo é o módulo da força para cima necessária para equilibrar a força gravitacional a que o corpo está sujeito. O peso de um corpo está relacionado à massa através da equação:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (1.11)$$

A força normal é a força exercida sobre um corpo pela superfície na qual o corpo está apoiado. A força normal é sempre perpendicular à superfície.

A força de atrito \vec{F}_{AT} é a força exercida sobre um corpo quando ele desliza ou tenta deslizar em uma superfície. A força é sempre paralela à superfície e tem o sentido oposto ao do deslizamento. Em uma superfície ideal, a força de atrito é desprezível. O módulo de \vec{F}_{AT} possui um valor máximo que é dado por μ que é o coeficiente de atrito e \vec{N} é o módulo da força normal que a superfície exerce sobre o corpo. Se o módulo da componente de paralela à superfície excede, o corpo começa a deslizar na superfície.

$$\vec{F}_{At} = \mu \cdot \vec{F}_N \quad (1.12)$$

A força de atrito pode ser classificada de duas formas: Força de atrito cinético (ou dinâmico) que é uma força que surge em oposição ao movimento de objetos que estão se movendo e Força de atrito estático que atua sobre o objeto em repouso e dificulta ou impossibilita que ele inicie o movimento. O módulo da força de atrito estático ou cinético depende principalmente do módulo da força normal às superfícies em contato e dos materiais que constituem essas superfícies e que definem o coeficiente de atrito entre eles.

Se um bloco de massa é colocado sobre um plano inclinado, sem atrito, sobre esse bloco, são exercidas duas forças: peso, devido à atração da Terra e a força normal, exercida pelo plano e perpendicular a ele, para cima. Como as forças peso e normal não são exercidas na mesma direção, elas nunca se equilibram. Nesse caso, como são as únicas forças exercidas sobre o bloco, elas admitem uma resultante que o faz descer o plano com aceleração constante. Como ilustra a Figura 2 a seguir:

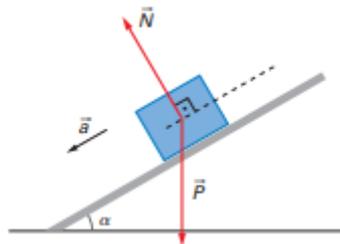


Figura 2 - Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Para determinar essa aceleração é necessário calcular a força resultante exercida sobre o bloco. Para isso, decompomos o peso \vec{P} em dois componentes, perpendicular ao plano \vec{P}_y e outro paralelo ao plano \vec{P}_x . Substituindo o peso \vec{P} por seus componentes, podemos verificar que \vec{P}_y e \vec{N} se equilibram, pois a força normal exercida pelo plano sobre o bloco devido a esse componente do peso. Como demonstra a figura 3.

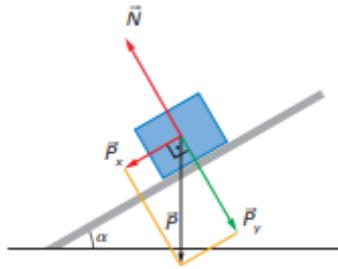


Figura 3 - Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Das relações trigonométricas nos triângulos retângulos, como demonstra a figura 4.

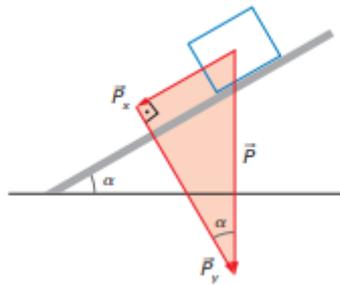


Figura 4 - Fonte: adaptado do Livro “Compreendendo a física” de Alberto Gaspar, 2013.

Obtemos,

$$\alpha = \frac{Px}{P} \therefore Px = P \cdot \text{sen } \alpha \quad (1.13)$$

$$\cos \alpha = \frac{Py}{P} \therefore Py = P \cdot \cos \alpha \quad (1.14)$$

Aplicando a segunda lei de Newton, em módulo, às forças exercidas sobre o bloco e sendo $F_R = Px = P \cdot \text{sen } \alpha$ e $P = mg$, temos:

$$ma = mg \cdot \text{sen } \alpha \therefore a = g \cdot \text{sen } \alpha \quad (1.15)$$

Essa é a expressão do módulo da aceleração adquirida pelo bloco que desliza, sem atrito, sobre um plano inclinado de um ângulo α em relação à horizontal. O cancelamento da massa, na obtenção dessa expressão, tem um importante significado físico: a aceleração de queda ao longo do plano, sem atrito, não depende da massa do corpo. Trata-se, portanto, de uma situação perfeitamente análoga ao movimento de queda livre, em que a aceleração da gravidade também não depende da massa do corpo.

Terceira Lei de Newton

Dizemos que dois corpos interagem quando empurram ou puxam um ao outro, ou seja, quando cada corpo exerce uma força sobre o outro. Um exemplo disso, seria o de colocar um livro apoiado sobre uma carteira. Nesse exemplo, o livro e a carteira interagem: a carteira exerce uma força horizontal sobre o livro, e o livro, por sua vez, exerce uma força horizontal sobre a carteira. A terceira lei de Newton afirma o seguinte: Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos.

Capítulo 2: Produto educacional

O desenvolvimento do Produto Educacional foi pautado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), baseada no autor David Ausubel, promovendo um conhecimento significativo aos estudantes sobre o movimento. Este projeto foi realizado através de uma sequência didática, seguindo as fundamentações dos autores Antoni Zabala e Joseph Novak. O PE enfatiza a experimentação, simulação e experimentação remota na aprendizagem dos conteúdos apresentados.

O conteúdo sobre movimento de acordo com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008), foca principalmente as Leis de Newton, porém devido a limitação de aulas foi embasado apenas aos conteúdos específicos citados no quadro 1.

Quadro 1 – Conteúdos trabalhados na aplicação do Produto Educacional

Conteúdo Estruturante	Conteúdos Básicos	Conteúdos Específicos
Movimento	Movimento Retilíneo Primeira Lei de Newton	-Medindo grandezas como o comprimento, tempo e massa; -Posição, deslocamento e velocidade média; -Velocidade Instantânea; - Aceleração Média e Instantânea;

	Segunda Lei de Newton	-Vetores e suas componentes; -Primeira Lei de Newton;
	Terceira Lei de Newton	-Força e massa; -Segunda Lei de Newton; -Força Peso e Normal; -Força de Atrito e Plano Inclinado; -Terceira Lei de Newton;

Fonte: DCE de Física do Estado do Paraná (2008).

O quadro 2 apresenta a sequência didática da forma que foi planejada. Foram 12 aulas de 50 minutos cada, aplicadas em 2 aulas geminadas por semana. Dessa forma, cada encontro precisa ser finalizado com uma atividade, pois a próxima aula ocorrerá na semana seguinte. Também frisamos a importância de se iniciar cada encontro revisando o que foi desenvolvido anteriormente.

Quadro 2 – Sequência didática com atividades do produto educacional

Cronograma	Número de aulas	Desenvolvimento
1º encontro	1ª e 2ª aula de 50 minutos cada	-Aplicação de um questionário diagnóstico; -Apresentação da proposta do PE; -Motivação dos estudantes;
2º encontro	3ª e 4ª aula de 50 minutos cada	-Conceito iniciais de mecânica utilizando o Google Maps; -Elaboração de um organograma com os conceitos iniciais; -Apresentação de um experimento bolha de ar; -Construção de gráfico com papel milimetrado;
3º encontro	5ª e 6ª aula de 50 minutos cada	-Jogo para relembrar os conteúdos trabalhados; -Simulador <i>Phet</i> – homem em movimento; -Mapa conceitual;
4º encontro	7ª e 8ª aula de	-Simulador <i>Phet</i> – plano inclinado: forças e

	50 minutos cada	movimento; -Resolução de exercícios;
5º encontro	9ª e 10ª aula de 50 minutos cada	-Experimentação remota; -Captação de dados e gráfico;
6º encontro	11ª e 12ª aula de 50 minutos cada	-Apresentação do experimento construído pelos estudantes; -Aplicação de um questionário para diagnosticar os avanços; -Finalização do PE;

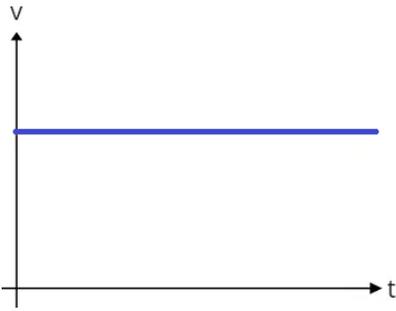
Fonte: o autor, 2021.

2.1 Questionário Prévio

Para a aplicação do PE, inicia-se com a aplicação do questionário diagnóstico, com cinco questões teóricas dos conteúdos de física que serão posteriormente abordados e três questões sobre experimentação. Procurei nesse primeiro momento, evitar questões envolvendo cálculos, tendo em vista priorizar a compreensão dos estudantes a respeito dos conceitos. Ao final da aplicação do PE, será repetido o mesmo questionário (5 questões). Devido a este fato, as respostas das questões não serão repassadas. Também será acrescido, substituindo as questões sobre experimentação, perguntas sobre a compreensão dos experimentos, simuladores e experimentação remota.

Segue as questões:

1-Analise o gráfico a seguir e assinale a alternativa que indica corretamente o tipo de movimento representado.



- a) movimento positivo.
- b) movimento uniforme e progressivo. X
- c) movimento uniforme e retrógrado.
- d) movimento uniformemente retardado.
- e) movimento uniformemente acelerado.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-graficos-movimento-uniforme.htm>

2 -A tendência que um corpo apresenta de manter seu estado de movimento retilíneo ou repouso é conhecida como:

- a) velocidade.
- b) força.
- c) aceleração.
- d) inércia. X
- e) impulso.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-primeira-lei-de-newton.htm>

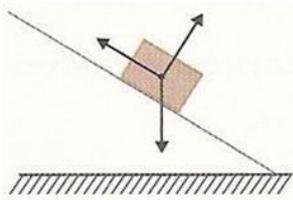
3- Quando aplicamos uma força resultante não nula sobre um corpo, ele passa a se mover com uma certa aceleração. A força resultante sobre esse corpo equivale a:

- a) variação da sua velocidade em relação ao tempo.
- b) variação da sua posição em relação ao tempo.
- c) variação da sua quantidade de movimento em relação ao tempo. X
- d) variação da sua energia cinética em relação ao tempo.
- e) variação da distância em relação ao tempo.

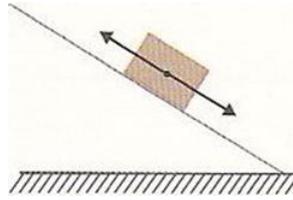
Fonte: adaptado do site <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/segunda-lei-newton.htm>

4- Um bloco de gelo desprende-se de uma geleira e desce um plano inclinado com atrito. Qual o diagrama que representa corretamente as forças que atuam sobre o bloco?

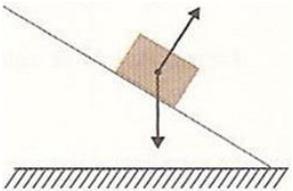
a) X



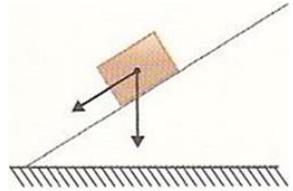
b)



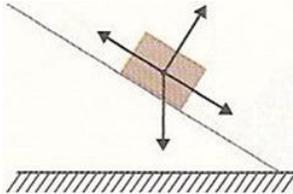
c)



d)



e)



Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-plano-inclinado-com-atrito.htm#resp-2>

5 - A terceira Lei de Newton diz que: "A uma ação corresponde uma reação de módulo igual à ação, porém de sentido contrário". No caso de um corpo em queda livre, dizemos que ele está sujeito apenas:

- a) à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante forneça aceleração.
- b) à força de atração da Terra, porque é desprezível a força de reação.
- c) à força de reação proveniente da ação da força da Terra.
- d) às forças de ação e reação, que, agindo sobre o corpo, se anulam.
- e) à força de atração da Terra. X

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pares-forca-acao-reacao.htm>

Segue as questões sobre a parte experimental do PE, com um breve texto explicativo sobre atividades experimentais, simuladores e experimentação remota. De forma a esclarecer quaisquer dúvidas que possam ocorrer.

As atividades experimentais proporcionam aos estudantes um ambiente onde eles possam testar as suas hipóteses, indagações e curiosidades, além de fazer uso da criatividade para resolver possíveis situações- problemas durante a prática.

1- Durante o ensino médio, quantas atividades experimentais foram realizadas durante as aulas?

- a) nenhuma;
- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Os simuladores nos permitem que façamos simulações de situações experimentais, possibilitando ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos e levá-lo a participar efetivamente no seu processo de aprendizagem.

2- Algum professor realizou simulações experimentais para sua turma durante o ensino médio?

- a) nenhuma;
- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Os Experimentos Remotos são experimentos físicos reais que se encontram em outro ambiente e que podem ser acessados remotamente 24 horas por dia, de qualquer lugar do mundo por meio de um computador ou dispositivo móvel com acesso à internet.

3- Algum professor já realizou experimentação remota na sua turma durante o ensino médio?

- a) nenhuma;
- b) uma;
- c) duas;
- d) três;
- e) quatro em diante;

Fonte: o autor, 2021.

2.2 Introdução aos conteúdos

Após o questionário prévio, foi apresentada a proposta do PE aos estudantes, de modo a motivá-los, buscando a participação e interação durante a aplicação. Em seguida, iniciamos com os conteúdos, experimentos, simulados etc.

A aplicação do PE iniciou-se com a apresentação de imagens na intenção de motivá-los e instigá-los a compreender o conteúdo por meio de imagens que fazem parte do cotidiano dos mesmos. E a partir das respostas dadas, construir uma aprendizagem significativa. As imagens são apresentadas a seguir:

Imagem 1: Em um jogo de futebol existe movimento?



Fonte: adaptada do site <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/jogada/veja-os-horarios-dos-jogos-de-futebol-de-hoje-terca-feira-17-1.3011789>

Imagem 2: Onde está o movimento em uma corrida de fórmula 1?



Fonte: adaptada do site <https://globoesporte.globo.com/motor/formula1/noticia/calendario-da-formula-1-em-2019.ghtml>

Imagem 3: Em um deslizamento de terra tem movimento?



Fonte: adaptada do site <https://www.infoescola.com/geologia/deslizamento-de-terra/>

Imagem 4: Que tipo de movimento uma gota de chuva realiza ao atingir um objeto?



Fonte: adaptada do site https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/03/29/interna_gerais.1251681/chuva-forte-em-bh-causa-estragos-e-fecha-vias-por-risco-de-transbordamento.shtml

Imagem 5: Essa rampa facilita o trabalho para descarregar os tijolos?



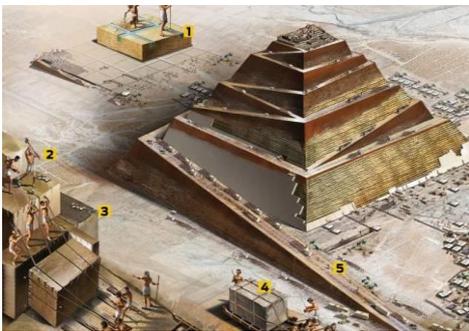
Fonte: adaptada do site <https://www.aecweb.com.br/produto/rampa-para-descarga/17209>

Imagem 6: Porque a rampa não é reta?



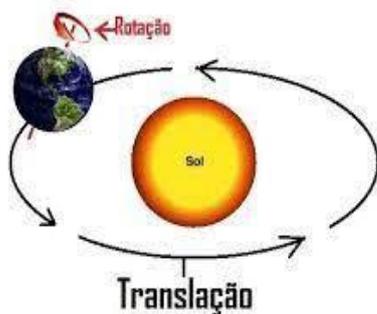
Fonte: adaptada do site <https://www.watplast.com.br/blog/entenda-como-projetar-a-inclinacao-de-uma-rampa-de-acessibilidade-corrretamente/>

Imagem 7: Os egípcios usavam essa engenharia?



Fonte: adaptada do site <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-egipcios-ergueram-blocos-tao-pesados-para-construir-as-piramides/>

Imagem 8: A terra faz algum tipo de movimento?



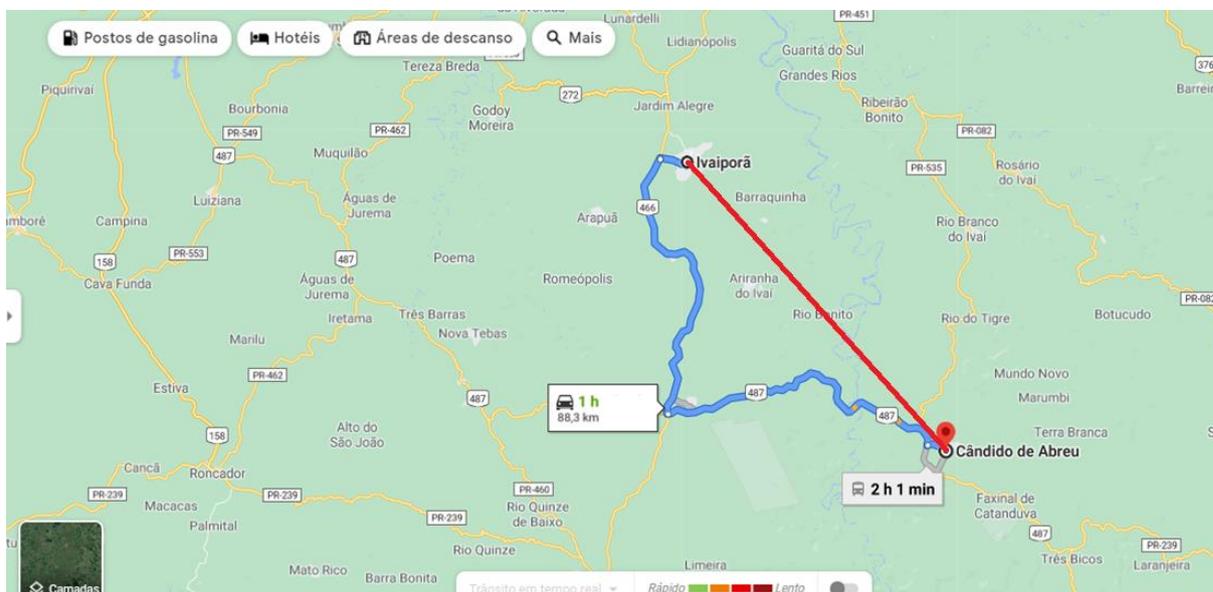
Fonte: adaptada do site <https://escolaeducacao.com.br/movimentos-da-terra-e-seus-efeitos/>

2.3 Conceitos iniciais de mecânica

Esses questionamentos serviram de estímulo, buscando a reflexão e a percepção em torno do movimento. Logo em seguida, através do *software google maps*,

foi introduzido os conceitos de mecânica, como: comprimento, tempo, massa, espaço percorrido e deslocamento. Como ilustra a imagem abaixo:

Imagem 9: Cândido de Abreu à Ivaiporã – Google Maps



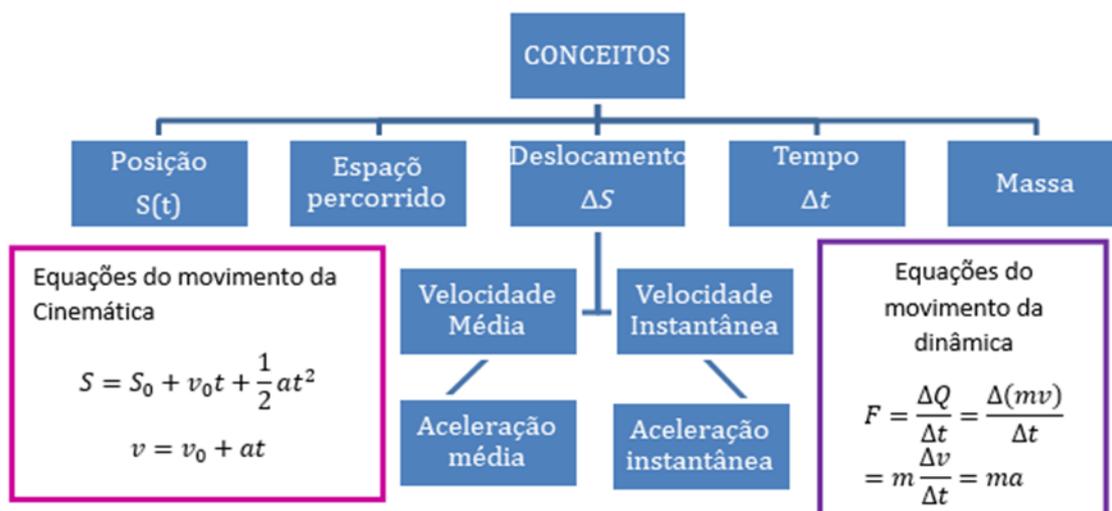
Fonte: Google. 2021. Google Maps.

Percebemos que o espaço percorrido de Cândido de Abreu a Ivaiporã é de 88,3 km, tal espaço percorrido em um processo de ida e volta é de 176,6 km (indicada pela linha azul). Já o deslocamento é a distância do percurso ida e volta (indicada pela linha vermelha). Indo e voltando, o deslocamento é nulo, não importando o caminho feito. A massa foi citada que quanto maior, pode-se levar mais tempo para percorrer o mesmo espaço.

Com base nesses dados, organizamos um organograma, partindo do seguinte questionamento:

O que podemos calcular conhecendo essas quantidades em termos de movimento?

Organograma 1: Conceitos de Mecânica



Fonte: o autor, 2021.

2.4 Experimento “bolha de ar”

A seguir foi apresentado um experimento elaborado pelo autor para verificar a velocidade constante e que caracteriza o movimento uniforme. Este experimento é chamado de bolha de ar. Os materiais utilizados foram: uma régua de madeira de um metro, uma mangueira transparente de um metro, duas rolhas, 100 ml de óleo e para prender a mangueira na régua, foram utilizados três ganchos de metal. Segue abaixo a imagem do experimento.

Imagem 10: Experimento “bolha de ar”



Fonte: o autor, 2021.

O experimento foi apoiado em um objeto para indicar um plano inclinado. Para a retirada dos dados, utiliza-se a tabela abaixo, (posição x tempo):

Tabela 1: Dados do experimento

S(cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
t (s)									

Fonte: o autor, 2021.

Com os dados em mãos, passamos para a construção do gráfico de forma manual. Foi encaminhado um arquivo contendo uma folha de papel milimetrado aos estudantes. Desta forma, quem tiver condições de imprimir poderá utilizá-lo, porém, foi informado para os que não imprimiram, realizar no caderno.

Link do site ao qual o papel milimetrado está disponível para impressão:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1813575/mod_resource/content/2/papel%20milimetrado.pdf

Com o experimento, captação de dados e elaboração do gráfico, busca-se a compreensão do movimento uniforme.

2.5 Jogo para fixação dos conteúdos trabalhados

Para fixar os conteúdos trabalhados, utilizou-se um jogo online, que também está disponível no formato PDF (*Portable Document Format*) caso algum estudante não possua internet para a utilização. Com o jogo, verificou a aprendizagem, as dificuldades e o que pode ser sanado até o momento da aplicação do PE.

Imagem 11: Jogo para fixação de conteúdos



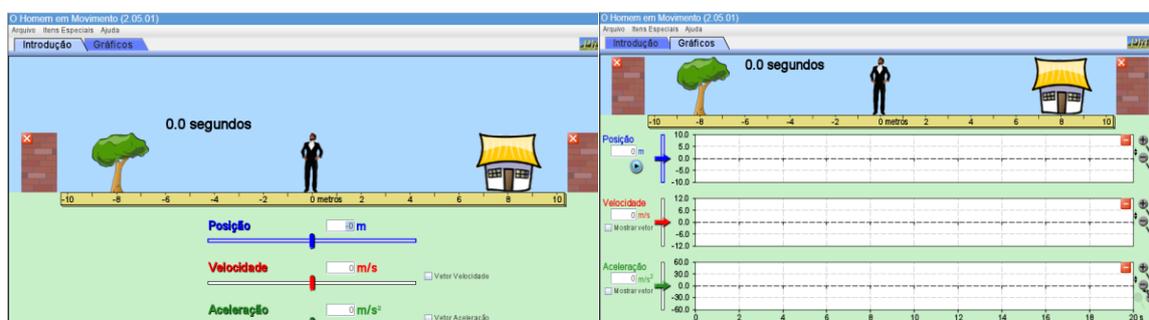
Fonte: adaptado do blog [FÓRMULA GEO: Jogue on-line: vocabulário físico \(formulageo.blogspot.com\)](http://formulageo.blogspot.com)

2.6 Simulador “homem em movimento”

A partir desses conceitos, experimentação e jogos, passamos a utilizar simuladores, visando permitir que façamos simulações de situações experimentais, possibilitando ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos, e levá-lo a

participar efetivamente no seu processo de aprendizagem. Foi utilizado o simulador *Phet Colorado* – O homem em movimento. Segue abaixo a imagem ilustrativa, juntamente com o site para a sua utilização.

Imagem 12: Simulador *Phet Colorado* – O homem em movimento



Fonte: adaptado do site https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/moving-man/latest/moving-man.html?simulation=moving-man&locale=pt_BR

Na tela inicial do simulador na barra “introdução”, na parte superior do simulador, indica a posição, velocidade e aceleração. Em seguida, aperta o botão “*play*” e a figura do homem começa a se movimentar. Passando para a barra “gráficos”, na parte superior, verifica-se três gráficos, posição, velocidade e aceleração, novamente ao clicar no botão “*play*”, inicia-se a construção do gráfico, conforme o deslocamento da figura do homem.

Foi solicitado aos estudantes que introduzissem dados ao simulador, familiarizando-se com o mesmo e verificando os resultados.

2.7 Mapa conceitual

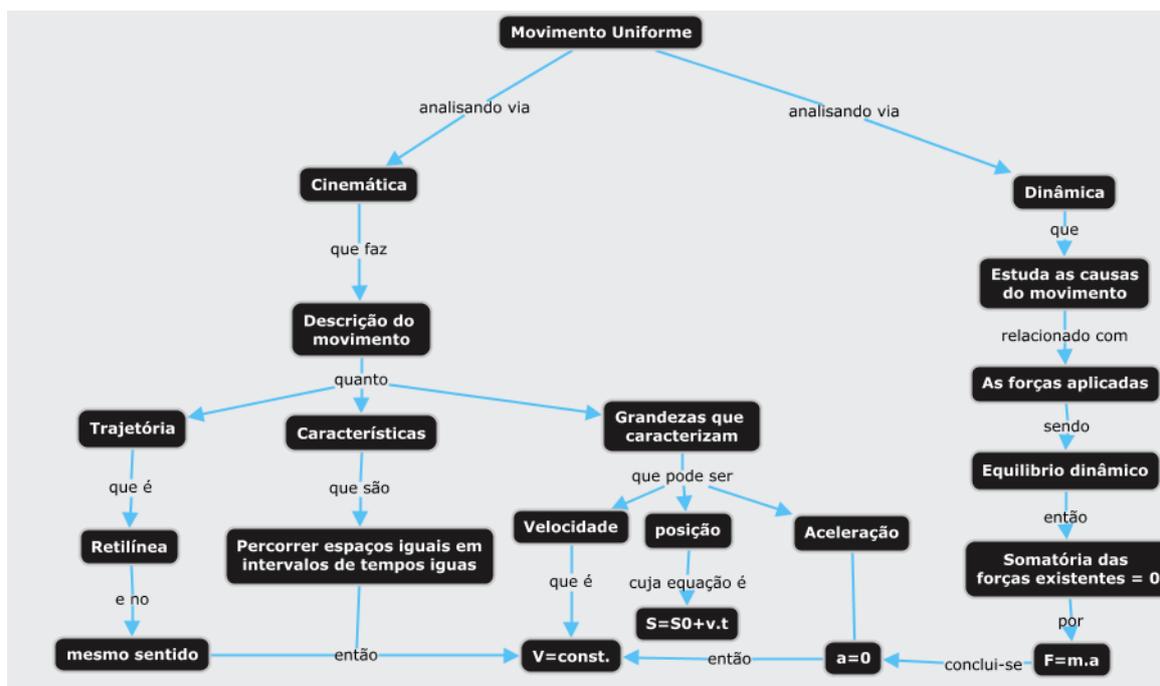
Em seguida, passamos para a elaboração de um mapa conceitual com os estudantes, a fim de verificar os conteúdos adquiridos até o momento. Recomenda-se que se estiver no final da aula, solicite aos estudantes que elaborem o mapa conceitual e na próxima aula, apresentem à turma. Caso tenha tempo disponível, o professor pode elaborar junto com os alunos. No caso citado, a última opção foi adotada.

O mapa conceitual parte sempre de uma pergunta e o professor deve direcionar aos estudantes de modo que esta não fique muito ampla, o que pode dificultar a finalização do mapa. É importante lembrar que o mapa conceitual apresenta

informações do momento, ou seja, das seis aulas de aplicação do PE e do conhecimento que os estudantes já dispunham. Partimos da seguinte pergunta:

O que é o movimento uniforme?

Imagem 13: Mapa conceitual - Elaborado com o Software Cmaptools

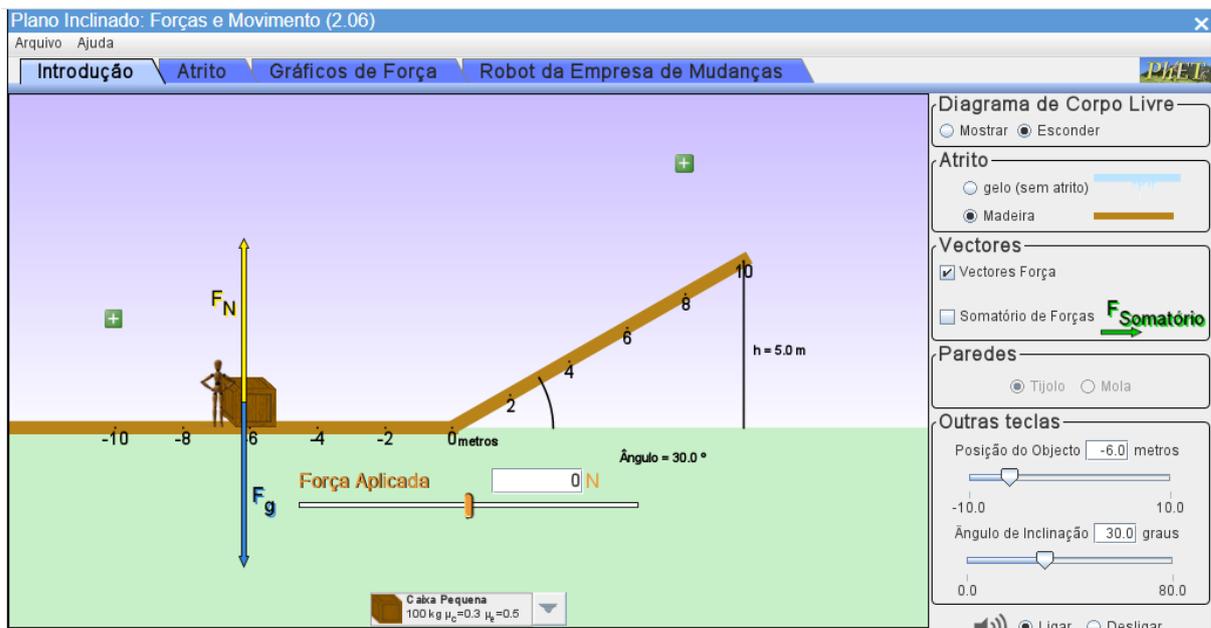


Fonte: o autor e os estudantes 4ºano Formação Docente do Colégio Estadual Dr. Cândido de Abreu/Pr, 2021.

2.8 Simulador “Plano inclinado: Forças e movimento”

Com esse simulador, visamos trabalhar a segunda Lei de Newton, aplicações de forças atrito e plano inclinado. Iniciamos com as aplicações das forças, onde na seta “força aplicada” aplica-se uma força. O diagrama mostra a força, o peso normal e o atrito no objeto. A parte da direita, seleciona a opção: gelo, que age como uma superfície sem atrito ou madeira utilizando o atrito. Os vetores serão os que demonstram a direção e o sentido das forças que atuam, entre outras funções que não utilizaremos nessa simulação. Voltando a introdução do *software*, regula-se o ângulo proporcionando a altura da inclinação. Como mostra a imagem a seguir:

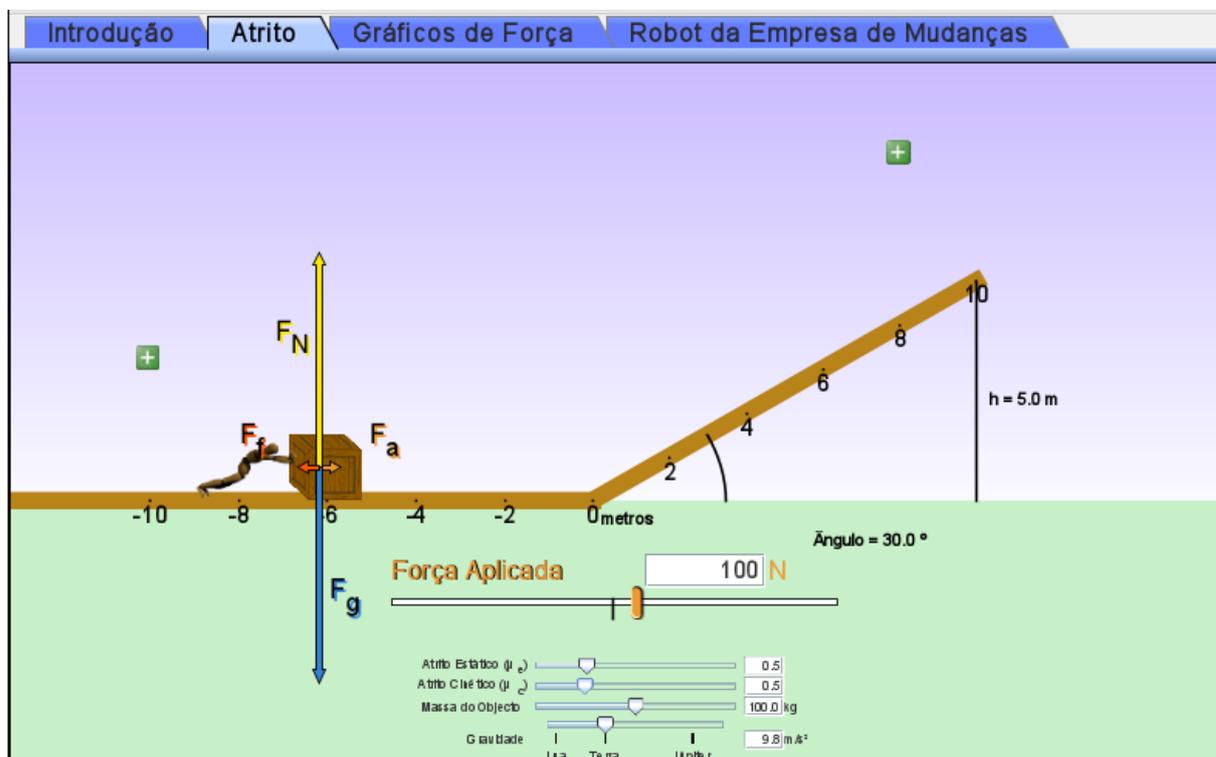
Imagem 14: Interface do Simulador Plano inclinado: Forças e movimento



Fonte: adaptado do site <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/motion-series/latest/motion-series.html?simulation=ramp-forces-and-motion&locale=pt>

Logo após apresentar o simulador aos estudantes, passamos a trabalhar a força de atrito, diferenciando o atrito estático e o cinético (dinâmico), realizando algumas simulações. Como ilustra a imagem:

Imagem 15: Interface do Simulador Plano inclinado: Forças e movimento



Fonte: adaptado do site <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/motion-series/latest/motion-series.html?simulation=ramp-forces-and-motion&locale=pt>

Depois de trabalhado o plano inclinado com o simulador, foi solicitado aos estudantes que realizassem simulações, a fim de esclarecer possíveis dúvidas. Antes disso, realizamos dois exercícios apresentados a seguir:

Exercício 1: Um bloco de madeira com massa de 10 kg é submetido a uma força que tenta colocá-lo em movimento. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é 0,6. Calcule o valor da força necessária para colocar o bloco na situação de iminência do movimento. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-forca-atrito.htm>

Exercício 2: Um plano inclinado liso e sem atritos apresenta ângulo de 30° em relação ao solo. Sendo a gravidade local de 10 m/s^2 , determine a aceleração adquirida por um corpo posto a deslizar a partir do topo desse plano.

Fonte: adaptado do site <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-plano-inclinado.htm>

2.9 Experimentação remota

Prosseguindo a aplicação do PE, foi realizada a experimentação remota, lembrando que esta pode ser realizada em qualquer ambiente que tenha um computador ou celular com acesso à internet. Este experimento possibilita calcular o tempo em que a esfera leva para passar a cada 10 cm da régua e compará-lo com o tempo dado pelo cronômetro do próprio experimento. Para acessar esse equipamento, localizado na Universidade Federal de Santa Catarina utiliza-se o link <http://relle.ufsc.br/labs/7#> e após acesso, regula-se o ângulo para -20° , de forma que a esfera role até o topo do equipamento. Clicando em enviar, o equipamento prenderá a esfera, seguindo para o ângulo desejado, depois disso, clica na opção soltar, assim a esfera é solta, obtendo os dados. Como ilustra a imagem abaixo.

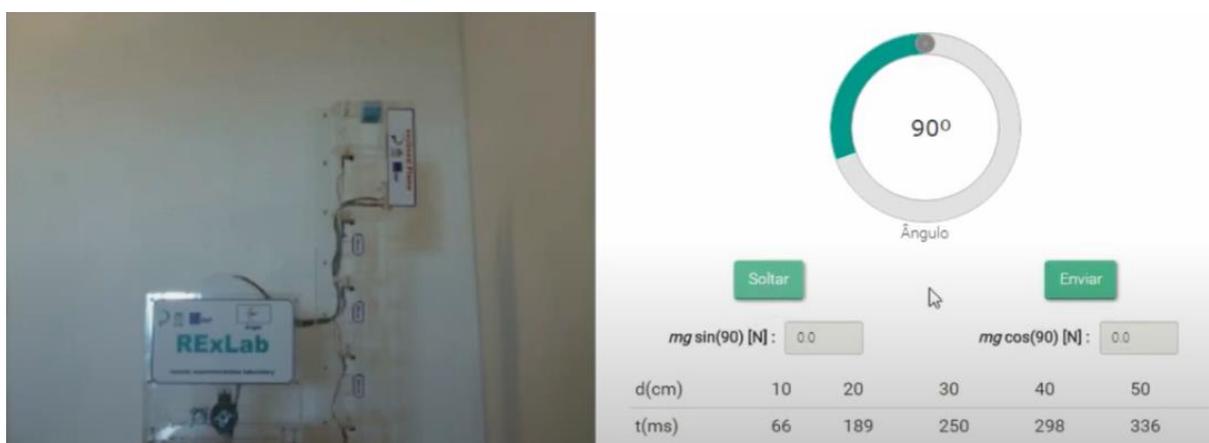
Imagem 16: Interface do experimento remoto sobre plano inclinado



Fonte: Guia didático do Experimento Remoto plano inclinado, Universidade Federal de Santa Catarina - <http://rexlab.ufsc.br/>

Depois destes passos, o equipamento fornece os dados em uma tabela que mostra a distância a cada 10 cm pelo tempo de queda da bola. Como demonstra a imagem a seguir com os dados captados no ângulo 90°.

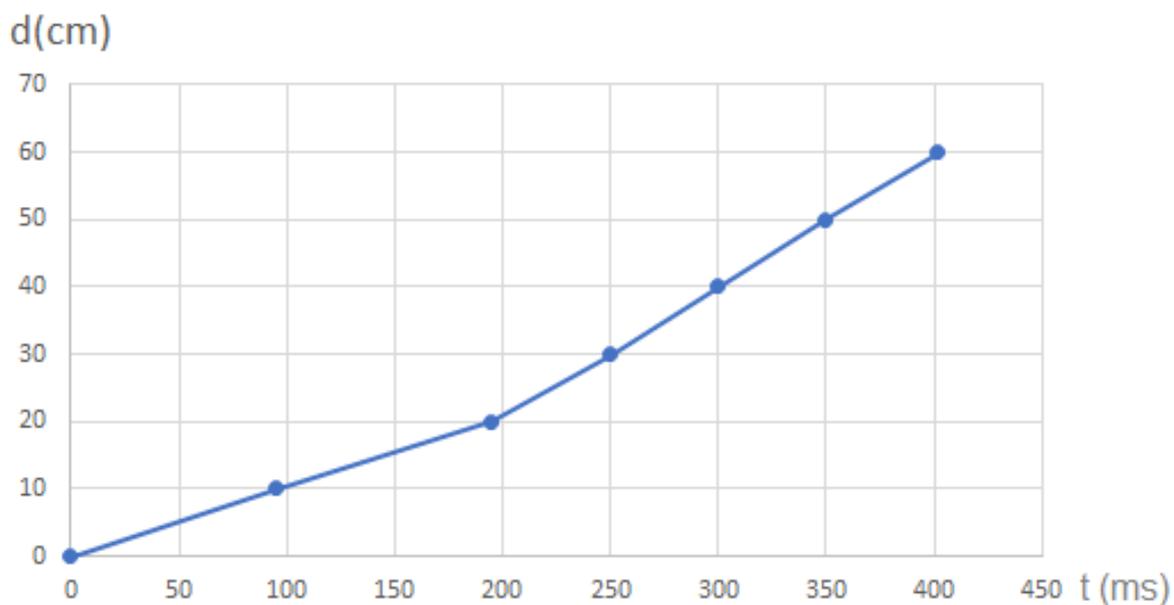
Imagem 17: Captação de dados do experimento remoto sobre plano inclinado



Fonte: Laboratório de experimentação remota da Universidade Federal de Santa Catarina - <http://relle.ufsc.br/labs/7>

A queda a cada 10 cm da régua nos fornece o tempo que a esfera passa pelos pontos, conforme a tabela acima. Com isso, temos os dados da posição x tempo dado pelo experimento. Utilizando os ângulos desejados, podemos elaborar um gráfico da altura pelo tempo. O ideal é obter várias medições do mesmo ângulo e fazer a média. Esses dados constroem um gráfico. Nesse exemplo, utilizaremos os dados acima citados como apresentamos a seguir:

Gráfico 1: Gráfico dos dados obtidos com o experimento remoto



Fonte: o autor, 2021.

Durante a aplicação do PE foi solicitado aos estudantes que obtivessem os dados através do experimento. Para facilitar, construímos o gráfico por meio do *software Excel*, como demonstrado acima. Assim, os estudantes tiveram mais tempo para que todos realizassem pelo menos uma medição com o equipamento.

Nota-se pelo gráfico que a velocidade não era constante e com as equações que serão citadas abaixo, pode-se conferir se os resultados foram precisos.

A aceleração média: $a_{med} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$, considerando $t = t_f - t_i$

$a_{med} = \frac{v_f - v_i}{t}$, multiplicando $at = v_f - v_i$, organizando: $v_f = v_i + at$

Considerando a aceleração da gravidade, obtemos a equação (1.17):

$$v_f = v_i + g \cdot t \quad \text{Equação horária da velocidade (2.1)}$$

A equação da posição para um movimento uniforme é $x = x_0 + v \cdot t$, oriunda de $v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$. Para considerarmos um movimento uniforme variado, substituímos (2.1) na equação da posição para o movimento uniforme.

Consideramos $v_{med} = \frac{1}{2} (v_0 + v)$, obtemos a equação (2.2)

$$x_f = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2} \quad \text{Equação horária da posição (2.2)}$$

Para determinarmos a equação de Torricelli, usamos a função horária da velocidade do MUV com a função horária da posição. Isolamos a variável t (tempo) na função horária da velocidade e substituímos essa incógnita na função horária da velocidade. Obtemos a equação (2.3):

$$v_f^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta h \quad \text{Equação de Torricelli (2.3)}$$

Na equação 2.1, substitui-se a aceleração pela aceleração gravitacional. E na equação 2.2, substitui-se a posição final e a inicial pela altura final e inicial. Na equação 2.3, substitui-se o espaço percorrido pelo corpo pela altura.

2.10 Finalização do Produto Educacional

Foi sugerido aos estudantes para a finalização do PE, que elaborassem um experimento sobre o plano inclinado e apresentassem no último encontro com os materiais disponíveis em suas casas, tais como: cabos de vassoura ou rodos, trilho de cortinas, entre outros materiais. A bola de gude foi utilizada para soltar o dispositivo. O foco da apresentação era perceber a inclinação do experimento, o atrito da bola de gude, a velocidade e a aceleração da bola. E ainda, a queda livre ou o movimento uniformemente variado.

Foi realizada a aplicação do mesmo questionário do início do PE. No entanto, foram acrescentadas quatro novas perguntas sobre o experimento, simuladores e experimentos remotos trabalhados a fim de verificar os avanços obtidos com a turma.

2.11 Questionário final

Utilizando uma escala para verificar a compreensão das atividades realizadas no PE, foram utilizadas notas de 1 a 5, em que 1 é a nota mínima e que significa pouca compreensão, resultando em mínima aprendizagem e 5, é a nota máxima, o que significa boa compreensão, resultando em máxima aprendizagem.

1- Aplicação do experimento “bolha de ar”, explicação, conceitos e elaboração gráfica:

1	2	3	4	5
				

2- Utilização do simulador “homem em movimento”, Posição, Velocidade e Aceleração:

1	2	3	4	5
				

3- Utilização do simulador “Plano inclinado: forças e movimentos” Forças, Força de atrito e plano inclinado:

1	2	3	4	5
				

4- Captação de dados com o experimento remoto “plano inclinado” Queda livre e plano inclinado:

1	2	3	4	5
				

Fonte: o autor, 2021.

Capítulo 3: Aplicação do Produto Educacional

O Produto Educacional foi aplicado no Colégio Estadual Dr. Cândido de Abreu, localizado na cidade de Cândido de Abreu/Pr. Esta instituição de ensino possui os cursos de ensino médio e técnico. Este último com o curso técnico de Formação de docentes. Os alunos são aproximadamente 50% oriundos da zona rural, pautados nos trabalhos em pequenas propriedades rurais e parte geradora de empregos da cidade são as cerâmicas, as quais produzem uma quantidade significativa de tijolos para a região em torno do município.

A aplicação do PE foi realizada em uma turma do 4º ano do Curso de formação de docentes, composta por 18 alunos, dos quais obtiveram uma participação

expressiva. Das 12 aulas utilizadas na aplicação, apenas 3 faltas foram observadas. Outro fator importante de ressaltar é que 3 estudantes da turma são de origem indígena, pois o município abriga uma comunidade indígena em seu território o que amplia ainda mais a necessidade de se trabalhar com a aprendizagem significativa. As aulas utilizadas foram do próprio autor, sendo duas aulas semanais aplicadas às segundas-feiras, aulas estas geminadas, com duração de 50 minutos cada.

A proposta de aplicação era a de oficinas presenciais, contando com a construção de experimentos, utilização do laboratório de informática da escola, registro de dados, elaboração de gráficos, entre outras atividades planejadas. Porém em decorrência da pandemia SARSCOV-2, as atividades presenciais ficaram impossibilitadas desde março de 2020 até o presente momento (setembro de 2021), devido a isso, foi optado pela aplicação remota, adaptando o PE, em alguns pontos, mas mantendo a essência do mesmo.

As adaptações foram a de substituir a construção do experimento pela apresentação do mesmo pelo professor e, no final, pelos estudantes. Além disso, foram introduzidas condições novas, que não tinham sido cogitadas, como utilização de jogos de física para fixação de conteúdos e a elaboração de mapas conceituais com o *software Cmaptools*.

Outra modificação que ocorreu durante a aplicação foi a não utilização de questões prévias que envolvessem cálculos, pois durante a pandemia ficou evidente a dificuldade dos estudantes na realização de exercícios envolvendo o mesmo. Também não foi utilizado questões abertas e sim objetivas, a fim de verificar o conhecimento prévio, não ocasionando pesquisas na internet, já que os estudantes estavam de forma remota.

Considerações finais

A aplicação do produto educacional sobre movimento, abordando experimentação, simuladores e experimentação remota, embasada na teoria da aprendizagem significativa do autor Ausubel foi de grande relevância. Uma vez que por meio desses recursos citados, buscou-se obter uma aprendizagem além da mecânica e sim com significado, utilizando-se de uma sequência didática embasada nos autores Zabala e Novak.

Além dos simuladores, experimentação e experimentação remota, foram meios para a aprendizagem efetiva e significativa o uso de mapas conceituais, jogos, organograma, construção de gráficos, resolução de exercícios e questionários. O Produto Educacional poderia ser aplicado de forma presencial com pequenas adaptações para efetivar a aprendizagem significativa, mas devido a impossibilidade de aulas presenciais devido a pandemia do SARSCOV-2, a aplicação foi remota, demandando pequenas adaptações que foram citadas ao longo do trabalho.

Diante de todas as dificuldades, percebeu-se que há inúmeros recursos à disposição do professor, como simuladores computacionais disponibilizados gratuitamente, laboratórios de experimentação remota que podem proporcionar ao estudante de escolas públicas, mesmo distantes e com realidades precárias, ter condições de aprendizagem igualando-se às escolas com recursos.

É importante ressaltar que essa linha de pesquisa deste trabalho foi pioneira no Núcleo Regional de Educação de Ivaiporã, ao qual o autor leciona.

O professor precisa usar toda a sua criatividade, saber analisar os recursos disponíveis ao seu redor como os software, jogos, imagens, vídeos, experimentos, entre outras. Levando em conta que as atividades que muitas vezes são consideradas simples, podem proporcionar grande aprendizagem se usadas corretamente.

Foi possível perceber também que o professor precisa de formação adequada que direcione o seu trabalho e que o oriente de forma a motivá-lo. Muitas vezes, estão focados em seu trabalho rotineiro, não percebendo ações que possam guiar seu trabalho de forma transformadora.

Observou-se que a experimentação remota não é do conhecimento de todos os professores, mas que norteou esse trabalho, abrindo um leque de opções ao autor. E ainda, possibilitando que os estudantes citados, também conhecessem essa ferramenta.

Com toda a tecnologia disponível, ainda há professores que não conhecem essas ferramentas aplicadas neste PE e o autor era um deles, mas a superação aconteceu ao longo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e os 13 anos lecionando foram lapidados, para que os próximos sejam cada vez melhores.

Os estudantes deram um retorno muito grande a esse processo de ensino aprendizagem, pois perceberam a importância de o professor trabalhar uma sequência didática que aponte meios para elucidar as dúvidas e exercícios que ampliem o conhecimento. Dúvidas surgiram e muitas foram sanadas, questionamentos sobre a experimentação remota aconteceu como por exemplo: “como que eu posso controlar um equipamento longe?”. Estas foram simples situações que o professor enfrenta em sala de aula todos os dias, mas que podem ser superadas.

Portanto, o presente trabalho apresenta a possibilidade de repensar as práticas do ensino de física, de modo que sejam significativas aos estudantes.

Referências

AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física. Curitiba: SEED/DEB-PR, 2008

GASPAR, A. Compreendendo a física, Conteúdo: v. 1. Mecânica – 2ª. ed. – São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume 1 : mecânica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA. M. A. Teorias de aprendizagem. Editora EPU, 2011.

NUSSENZVEIG, H M. Curso de Física básica/H. Moysés Nussenzveig – 4ªedição – São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. Teoria e pratica da educação. 1988.

ZABALA, A. A Prática Educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.