

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CAMPUS NATAL – CENTRAL

DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

(POLO 10)

Dissertação de Mestrado

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
(UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO
UTILIZANDO O PHET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO
EDUCACIONAL**

Wanderson Henrique da Silva

Natal/RN

2023

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
(UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO
UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO
EDUCACIONAL**

Wanderson Henrique da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Antônio Marques dos Santos, D. Sc.

Natal/RN

2023

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
(UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO
UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO
EDUCACIONAL**

Wanderson Henrique da Silva

Antônio Marques dos Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

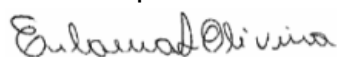
Aprovada por:



Antônio Marques dos Santos

Prof. Membro da Banca, D. Sc, Presidente

IFRN Campus Natal Central



Erlania Lima de Oliveira

Prof. Membro da Banca, D. Sc, Examinador Externo

UFERSA – Campus Mossoró



Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares

Prof. Membro da Banca, D. Sc, Examinador Interno

IFRN Campus Natal-Central

Natal/RN

2023

Silva, Wanderson Henrique da.
S586p Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensinar lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, utilizando o PhET simulações como recurso tecnológico educacional / Wanderson Henrique da Silva. – 2023.
84 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
Orientador: Antônio Marques dos Santos.

1. Estudos de movimentos retilíneos horizontais e verticais. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). 3. Ensino de Física. 4.. PhET Simulações. 5. Aprendizagem Significativa. I. Título.

CDU: 531.557:37

*Aos meus familiares. Em especial, a
minha esposa Camila e a minha filha
Júlia.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me conceder a força e a orientação necessárias ao longo desta jornada acadêmica, iluminando meu caminho e fortalecendo minha fé.

Aos meus pais, Vera e Melquisedec, cujo apoio incondicional e constante encorajamento foram a base fundamental para a realização deste trabalho, dedico minha eterna gratidão.

À minha querida esposa Camila e à minha amada filha Júlia, agradeço pela compreensão, paciência e incentivo incansáveis durante os desafios e momentos intensos desta trajetória. Vocês são minha fonte de inspiração e motivação para superar todos os obstáculos.

À figura do meu orientador, Prof. Dr. Antônio Marques dos Santos, expresso meu sincero agradecimento por sua orientação, sabedoria e dedicação ao longo deste estudo. Suas orientações foram cruciais para a condução bem-sucedida deste trabalho de pesquisa.

Também desejo expressar minha gratidão ao professor Geraldo Felipe, por ter gentilmente permitido o acesso à turma e proporcionado valiosas contribuições que enriqueceram substancialmente minha pesquisa.

A todos os professores, amigos e colegas que compartilharam suas experiências e conhecimentos, contribuindo para o enriquecimento deste estudo, agradeço sinceramente.

Por fim, dedico meus agradecimentos a todos os que, de alguma forma, estiveram presentes em minha trajetória acadêmica, colaborando para a concretização deste projeto.

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

RESUMO

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO UTILIZANDO O PHET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL

Wanderson Henrique da Silva

Orientador:

Prof. Antônio Marques dos Santos, D. Sc.

Esta dissertação de mestrado apresenta uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, utilizando as simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional. A pesquisa fundamenta-se na necessidade de tornar o ensino de Física mais significativo e interessante aos estudantes, buscando aproximar os conceitos de sua vida cotidiana. A abordagem da UEPS promove a construção de significados e a relação dos conteúdos com situações reais, enquanto a utilização das simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional completa essa abordagem, oferecendo uma experiência imersiva e interativa. Assim, pesquisa buscou contribuir, através da UEPS e da simulação, para o aprimoramento do ensino de Física, proporcionando uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

Como resultado, observamos que ela não apenas promoveu um melhor desempenho acadêmico em comparação aos cursos tradicionais de Física, como também estimulou o interesse, promoveu uma compreensão conceitual mais profunda e melhorou a aplicação prática do conhecimento no dia a dia dos estudantes.

Palavras-chave: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, ensino de Física, lançamentos, PhET simulações, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

PROPOSAL FOR A POTENTIALLY SIGNIFICANT TEACHING UNIT TO TEACH VERTICAL, HORIZONTAL AND OBLIQUE THROWS USING PhET SIMULATIONS AS AN EDUCATIONAL TECHNOLOGICAL RESOURCE

Wanderson Henrique da Silva

Advisor:

Antônio Marques dos Santos, D. Sc.

This master's thesis presents a proposal for a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) for teaching vertical, horizontal and oblique throws, using PhET simulations as an Educational Technological Resource. The research is based on the need to make Physics teaching more meaningful and interesting to students, seeking to bring the concepts closer to their everyday lives. The UEPS approach promotes the construction of meanings and the relationship of content with real situations, while the use of PhET simulations as an Educational Technological Resource completes this approach, offering an immersive and interactive experience. Thus, research sought to contribute, through UEPS and simulation, to improving Physics teaching, providing deeper and more lasting learning.

As a result, we observed that it not only promoted better academic performance compared to traditional Physics courses, but also stimulated interest, promoted a deeper conceptual understanding and improved the practical application of knowledge in students' daily lives.

Keywords: Potentially Significant Teaching Unit, Physics teaching, launches, PhET simulations, meaningful learning.

LISTA DE IMAGENS

Figura 01 - Mapa mental da Aprendizagem Significativa.	27
Figura 02 - Mapa mental de uma UEPS.	33
Figura 03 - Esboço das parabólicas de Galileu.	34
Figura 04 - Coordenada inicial do projétil.	36
Figura 05 - Ampliando a compreensão com o uso do PhET.	49
Figura 06 - Último dia de aplicação do Produto Educacional.	50
Figura 07 - Exemplo de resposta para a questão 1.	53
Figura 08 - Exemplo de resposta para a questão 2.	53
Figura 09 - Exemplo de resposta para a questão 3.	54

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 01: Etapas de uma UEPS.	30
Gráfico 01: Notas do 1º bimestre.	59
Gráfico 02: Notas do 2º bimestre.	60

APRESENTAÇÃO

É com imensa satisfação que apresento minha Dissertação de Mestrado intitulada "Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar lançamentos vertical, horizontal e oblíquo utilizando o PhET Simulações como Recurso Tecnológico Educacional". Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma abordagem eficaz para o ensino de Física, enfatizando a importância de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) na compreensão dos conceitos de lançamentos e o potencial das simulações interativas do PhET como Recurso Educacional para enriquecer essa experiência de aprendizado.

No campo da educação, o ensino significativo desempenha um papel fundamental, especialmente no ensino de ciências. A mera memorização de fórmulas e conceitos isolados muitas vezes não promove uma compreensão aprofundada e a aplicação desses conhecimentos no contexto real. Portanto, optei por explorar a abordagem da UEPS, na qual os estudantes são incentivados a construir significados e estabelecer conexões entre os conteúdos e situações reais e relevantes. Assim, a unidade foi cuidadosamente projetada para envolver os estudantes em atividades que promovam a exploração, a reflexão e a construção ativa do conhecimento.

A base dessa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) reside na compreensão dos conceitos físicos subjacentes aos lançamentos. São explorados os princípios fundamentais, as equações e as características específicas de cada tipo de lançamento, tornando o estudo mais concreto e contextualizado. Os estudantes são encorajados a analisar e discutir as aplicações desses conceitos em situações reais do cotidiano.

Além disso, é proposta a utilização das simulações interativas do PhET como recurso tecnológico educacional de grande importância dentro dessa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). As simulações do PhET permitem aos estudantes explorar virtualmente diferentes cenários e manipular variáveis dos lançamentos. Essa abordagem proporciona uma experiência mais imersiva e interativa, que enriquece o aprendizado teórico.

O foco principal está na construção do conhecimento por meio da reflexão, discussões em grupo, experimentação e aplicação dos conceitos aprendidos em atividades práticas. Acredito firmemente que essa abordagem da UEPS aliada ao uso das simulações do PhET pode contribuir significativamente para o aprimoramento do ensino de Física. Ela engaja os estudantes de forma mais profunda, estimula sua curiosidade e permite que construam significados e compreendam os conceitos de lançamentos de maneira mais duradoura e significativa.

Por fim, agradeço a atenção de todos e espero que a proposta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) inspire novas abordagens pedagógicas, enriquecendo o ensino de Física e proporcionando experiências de aprendizado mais significativas aos estudantes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	23
2.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	288
2.2.1 DEFININDO O TEMA E ASPECTOS DO CONTEÚDO.....	28
2.2.2 APRESENTANDO SITUAÇÕES-PROBLEMA	28
2.2.3 ORGANIZANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	28
2.2.4 INTRODUZINDO O CONHECIMENTO.....	28
2.2.5 RETOMANDO ASPECTOS ANTERIORES.....	29
2.2.6 INTEGRANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA E O CONCEITO	29
2.2.7 AVALIANDO A APRENDIZAGEM DE FORMA CONTÍNUA.....	29
2.2.8 REFLEXÃO SOBRE A AVALIAÇÃO DA UEPS.....	29
3 MOVIMENTO OBLÍQUO	34
3.1 POR QUE ESTE MOVIMENTO É SIMPLES?	35
3.2 O PROBLEMA GERAL	36
3.3 EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO.....	37
3.4 TRAJETÓRIA DO PROJÉTIL	39
3.5 ALTURA MÁXIMA	39
3.6 TEMPO DE QUEDA OU TEMPO DE VOO	40
3.7 ALCANCE DO PROJÉTIL	41
3.8 CASO PARTICULAR DO LANÇAMENTO DE PROJÉTIL.....	42
3.8.1 PARA O TEMPO ($h=0$).....	42
3.8.2 PARA A ALTURA MÁXIMA ($h=0$).....	42
3.8.3 ALCANCE ($h=0$)	43

3.9 LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS COM RESISTÊNCIA DO AR.....	43
4 METODOLOGIA	46
4.1 NATUREZA DA PESQUISA.....	46
4.2 COLETA DE DADOS.....	47
4.2.1 QUESTIONÁRIOS PRÉVIOS.....	47
4.2.2 OBSERVAÇÕES EM SALA DE AULA.....	47
4.2.3 REGISTRO DE INTERAÇÕES NA SIMULAÇÃO.....	47
4.2.4 A AVALIAÇÃO FINAL.....	47
4.3 AMBIENTE DE PESQUISA	47
4.4 LOCAL DA PESQUISA E PÚBLICO ALVO	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 PRIMEIRO DIA.....	51
5.2 SEGUNDO DIA.....	52
5.3 TERCEIRO DIA.....	55
5.4 QUARTO DIA.....	55
5.5 QUINTO DIA.....	56
5.6 SEXTO DIA.....	57
6 AVALIAÇÃO DA UEPS	59
6.1 NOTAS E ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	59
6.1.1 PRIMEIRO BIMESTRE	59
6.1.2 SEGUNDO BIMESTRE (UEPS)	60
6.2 AVALIAÇÃO COMPARATIVA	60
6.3 INTERESSE E COMPREENSÃO CONCEITUAL.....	61
6.4 APLICAÇÃO PRÁTICA E RELEVÂNCIA PARA O COTIDIANO.....	61
6.5 CONCLUSÃO	61
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	66

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o campo da educação tem se dedicado ao desenvolvimento de abordagens inovadoras para o ensino de física, visando proporcionar uma aprendizagem mais significativa e engajadora aos estudantes. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, utilizando as simulações do PhET como recurso tecnológico educacional. Reconhecemos que o ensino de física muitas vezes é percebido como abstrato e distante do cotidiano dos estudantes. Nesse sentido, a utilização de simulações computacionais, como as oferecidas pelo PhET, pode trazer uma abordagem mais concreta e contextualizada para o estudo dos lançamentos, aproximando os conceitos físicos de situações reais e tornando a aprendizagem mais envolvente.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi proposta por Marco Antônio Moreira em 2011 para desenvolver métodos de ensino voltados para a aprendizagem significativa. A pesquisa da UEPS é derivada das Teorias de Aquisição e Retenção do Conhecimento e Aprendizagem Significativa de Ausubel. Assim, a proposta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) enfatiza a importância de se estabelecer conexões entre os novos conhecimentos e as experiências prévias dos alunos. Ao explorar os lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, a unidade busca despertar o interesse dos estudantes, promovendo a reflexão, a exploração ativa e a construção de conhecimento por meio de atividades práticas.

As simulações do PhET são recursos valiosos nessa proposta, permitindo aos estudantes visualizar e interagir com os diferentes aspectos dos lançamentos. Essas simulações oferecem uma representação virtual dos fenômenos físicos, possibilitando a manipulação de variáveis e a observação dos resultados. Dessa forma, os alunos podem experimentar diferentes cenários, testar hipóteses e compreender as relações entre as grandezas físicas envolvidas nos lançamentos.

Ressalta-se, no entanto, que as simulações do PhET não substituem a figura do professor nem a utilização de outros recursos didáticos, como livros e materiais complementares. Ao contrário, elas são incorporadas como ferramentas para enriquecer a abordagem pedagógica, proporcionando uma experiência prática e imersiva aos alunos.

Assim, por meio desta pesquisa, pretende-se validar a eficácia da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta, verificando como a utilização das simulações do PhET contribui para a compreensão dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo pelos estudantes. A abordagem qualitativa será adotada para coletar dados e analisar as percepções dos estudantes em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir para o aprimoramento do ensino de física, fornecendo subsídios teóricos e práticos para a utilização de simulações computacionais como recursos tecnológicos educacionais nas aulas. Além disso, a proposta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) poderá servir como base para o desenvolvimento de abordagens pedagógicas inovadoras.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo não apenas apresentar uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo utilizando as simulações do PhET como recurso tecnológico educacional, mas também contribuir para a evolução do ensino de física, explorando abordagens que a torne mais acessível, contextualizada e interessante para os estudantes.

1.1 Problema da pesquisa

Diante do exposto no item anterior, cabe a seguinte pergunta: será que o uso de simuladores como recurso tecnológico educacional ao ensino de física melhora o entendimento e o aprendizado por parte dos estudantes, ou seja, torna a aprendizagem significativa?

O ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo apresenta desafios significativos. Muitas vezes, os conceitos relacionados a esses tipos de lançamentos são percebidos como abstratos e distantes da realidade dos estudantes, o que pode

dificultar a compreensão e a aplicação dos princípios físicos envolvidos. Além disso, a metodologia tradicional de ensino, baseada em exposição teórica e resolução de problemas, nem sempre é suficiente para engajar os estudantes de forma efetiva.

Diante desse cenário, surge a necessidade de investigar abordagens pedagógicas que possam promover uma aprendizagem mais significativa e interessante. É fundamental explorar estratégias que aproximem os conceitos físicos desses lançamentos de situações reais do cotidiano dos estudantes, estimulando sua curiosidade, engajamento e reflexão sobre os fenômenos físicos envolvidos.

Além disso, é importante considerar o papel das tecnologias digitais no contexto educacional. As simulações computacionais, como as disponibilizadas pelo PhET, têm o potencial de oferecer uma representação visual e interativa dos lançamentos, permitindo aos alunos explorar diferentes cenários, manipular variáveis e observar os resultados.

Diante dessas questões, surge o problema central desta pesquisa: como desenvolver uma abordagem de ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo que seja potencialmente significativa para os estudantes, integrando as simulações do PhET como recurso tecnológico educacional? Essa abordagem poderia contribuir para uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos, estimulando o engajamento, a reflexão e a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações reais? Ao fazê-lo, busca-se preencher a lacuna existente no ensino tradicional desses conceitos, promovendo uma abordagem mais concreta, contextualizada e interessante para os estudantes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver e explorar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que aborde os lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, utilizando as simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional, a fim de promover uma aprendizagem mais significativa e interessante para os estudantes.

1.2.2 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar as concepções alternativas e dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos de lançamentos vertical, horizontal e oblíquo. Será realizada uma análise detalhada das concepções prévias dos estudantes sobre esses tipos de lançamentos, bem como das dificuldades mais comuns encontradas na compreensão desses conceitos. Essa identificação permitirá desenvolver abordagens pedagógicas mais efetivas para lidar com essas dificuldades de forma significativa.
- Integrar as simulações do PhET na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) como Recurso Tecnológico Educacional. Com base na seleção das simulações do PhET, será elaborada uma estrutura pedagógica que incorpore, de forma integrada, essas simulações na Unidade de Ensino. Será definido como as simulações serão utilizadas para enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes, promovendo a exploração, a reflexão e a construção ativa de conhecimento.
- Desenvolver atividades práticas que explorem as simulações do PhET. Serão criadas atividades práticas que permitam aos estudantes explorar as simulações, manipular variáveis, realizar experimentos virtuais e analisar os resultados. Essas atividades práticas serão projetadas para estimular a aplicação dos conceitos físicos aprendidos e a compreensão das relações entre as grandezas envolvidas nos lançamentos.
- Avaliar a eficácia da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com o uso das simulações do PhET. Será realizada uma avaliação da Unidade de Ensino desenvolvida, coletando dados qualitativos e quantitativos para verificar a eficácia ou não da abordagem proposta. Serão analisados aspectos como o interesse dos estudantes, a compreensão dos conceitos físicos, a motivação para aprender e a percepção sobre o uso das simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional.

Por meio do cumprimento desses objetivos específicos espera-se que a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) desenvolvida, com a integração das simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional, possa promover uma aprendizagem significativa dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo. Essa abordagem tem o potencial de superar as dificuldades e concepções alternativas dos estudantes, permitindo que eles construam um conhecimento mais sólido e aplicável ao contexto do cotidiano.

1.3 Justificativa

A justificativa para a realização desta pesquisa está fundamentada na necessidade de aprimorar o ensino de física, neste caso, dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo, buscando proporcionar uma aprendizagem mais significativa e engajadora para os estudantes.

Primeiramente, é importante reconhecer que o ensino de Física muitas vezes é percebido como abstrato e distante da realidade dos estudantes. Os conceitos relacionados aos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo podem ser considerados complexos e difíceis de compreender sem uma abordagem adequada. Dessa forma, é fundamental explorar estratégias pedagógicas que aproximem esses conceitos da vida cotidiana dos alunos, tornando-os mais acessíveis e relevantes.

Além disso, com o avanço das tecnologias digitais, é possível aproveitar os recursos oferecidos por simulações computacionais, como as disponibilizadas pelo PhET, para enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes. Elas permitem que os alunos explorem virtualmente diferentes cenários e manipulem variáveis relacionadas aos lançamentos, proporcionando uma abordagem mais interativa e imersiva. No entanto, é necessário investigar como integrar efetivamente essas simulações ao processo de ensino e aprendizagem, de modo a torná-las um Recurso Tecnológico Educacional e enriquecer as abordagens tradicionais.

Portanto, a justificativa para esta pesquisa está na busca por uma abordagem inovadora que utilize as simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional, integrando-as de forma significativa ao ensino dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo. Ao fazer isso, espera-se superar as dificuldades e

concepções alternativas dos estudantes, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos envolvidos e sua aplicação em situações reais.

A importância desta pesquisa também está no potencial de impacto positivo no campo do ensino de Física. Ao desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que integre as simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional, pretende-se fornecer aos educadores uma abordagem pedagógica inovadora e eficaz para abordar os lançamentos, estimulando a curiosidade e o interesse dos estudantes, além de promover uma aprendizagem ativa e participativa.

Além disso, espera-se que esta pesquisa contribua para a formação de professores, fornecendo-lhes recursos e estratégias que podem ser aplicados em suas práticas pedagógicas. Ao demonstrar a eficácia das simulações do PhET como Recurso Tecnológico Educacional, pretende-se incentivar os educadores a explorar as possibilidades oferecidas pelas tecnologias digitais em suas salas de aula.

Por fim, vale ressaltar que esta pesquisa busca atender a uma demanda crescente por abordagens pedagógicas que promovam uma aprendizagem significativa e duradoura, as quais devem proporcionar uma experiência educacional interessante, concreta e contextualizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma luta constante dos professores em todas as componentes curriculares é garantir que os estudantes não apenas entendam os conceitos e habilidades que lhes são ensinados, mas também que possam analisar e aplicar essas aprendizagens em diferentes situações que surgem em suas vidas. Assim, pesquisas estão constantemente considerando novos métodos para melhorar o desempenho dos mesmos em sala de aula e aumentar a retenção geral do conhecimento. Para isso os professores precisam constantemente revisar suas práticas de ensino com base em novos métodos que são introduzidos, a fim de garantir que os estudantes estejam comprometidos com o aprendizado, investindo e aumentando suas realizações acadêmicas.

Além disso, a alfabetização científica visa ajudar o estudante a obter uma compreensão funcional de conceitos e princípios científicos vinculados a situações da vida real, adquirir habilidades científicas, atitudes e valores necessários para analisar e resolver os problemas do dia a dia na sociedade. Essas habilidades científicas podem ser melhor adquiridas por meio da integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Para tal ressaltamos a necessidade de um currículo de ciências que seja voltado para a formação pessoal e seguindo o mesmo raciocínio que o proposto por Hurd (1998), que o mesmo acompanhe as mudanças sócio-históricas. Neste contexto, Bybee e DeBoer (1994) afirmam:

O currículo de ciências deve ser relevante para a vida de todos os estudantes, não só para aqueles que pretendem seguir carreiras científicas, e os métodos de instrução devem demonstrar cuidados para a diversidade de habilidades e interesses dos mesmos. (1994, p.376, tradução).

A Física é crucial para compreender o mundo ao nosso redor, o mundo dentro de nós e o mundo além de nós. É a Ciência mais básica e fundamental, mas também é considerada uma das disciplinas mais difíceis da escola. Para que o ensino de Física seja eficaz, ele deve encorajar o tipo de aprendizado que leve à compreensão

de conceitos e não a simples memorização de fórmulas. Segundo Moreira (2002), melhorar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos fundamentais da Física só pode ser alcançado pelo envolvimento ativo dos mesmos nas atividades de aprendizagem.

As metodologias ativas de aprendizagem são formas inovadoras de educação que estimulam a aprendizagem e a participação do estudante em sala de aula, fazendo com que o mesmo utilize todas as suas dimensões sensório/motor, afetivo/emocional e mental/cognitiva. Além disso, o estudante tem autonomia durante as atividades propostas, mantendo postura ativa diante do seu aprendizado, sendo desafiado através de problemas que o permitem pesquisar para descobrir soluções, de uma forma que esteja de acordo com a realidade.

Neste contexto, podemos entender as metodologias ativas como formas de desenvolver o processo de aprendizado utilizado na busca de conduzir a formação crítica de futuros profissionais nas mais diversas áreas de atuação. A utilização dessas metodologias ativas favorece a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando as tomadas de decisões individuais e coletivas, vindas das atividades essenciais da prática social e de contextos do estudante (BORGES e ALENCAR, 2014, p.120). Assim, os professores devem ensinar Física por meio de investigação, descoberta, demonstração, simulação, trabalho prático, laboratório e outras experiências práticas.

Uma vez que a Física é de natureza experimental, são necessários modelos e representações visuais concretas para a compreensão dos conceitos. Assim, para este estudo, utilizaremos o Physics Educational Technology (PhET) devido às várias vantagens que oferece, disponível através do link: https://phet.colorado.edu/pt_BR. Sua utilização é simples, bastando para tal um computador com acesso à internet. As experiências nele disponíveis têm embasamento teórico, sendo revisado periodicamente. Neste contexto, Soares (2013) comenta que: “Para garantir a eficácia educacional e usabilidade do software, todas as simulações são exaustivamente testadas e avaliadas”.

O grupo PhET possui uma abordagem baseada em pesquisa, na qual as simulações

são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no sítio. As entrevistas com os estudantes são fundamentais para o entendimento de como eles interagem com as simulações e o que as torna efetivas e atraentes educacionalmente. (ARANTES, MIRANDA E STUART, 2010).

As atividades baseadas em simulação interativa podem ser uma forma de aumentar a visualização por parte dos estudantes, levando a uma compreensão mais profunda dos conceitos de Física. A visualização é especialmente útil para ajudá-los a ver a estrutura e os processos que são normalmente invisíveis para eles. Esses processos podem ser acessíveis, de modo que os estudantes podem ver detalhes ou podem repetir experimentos várias vezes usando as atividades baseadas em simulação. Assim, dentro deste contexto, Soares (2013) comenta que:

Para ajudar os estudantes a ver e compreender conceitos, as simulações PhET animam o que é invisível aos olhos através de gráficos e controles intuitivos tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes. Com o intuito de incentivar ainda mais a exploração de forma quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos de medição, incluindo réguas, cronômetros, voltímetros e termômetros. À medida que o usuário manipula as ferramentas interativas, as respostas são imediatamente animadas, ilustrando, assim, efetivamente as relações de causa e efeito, bem como as várias representações relacionadas (movimento dos objetos, gráficos, leitura de números, etc.) (SOARES, 2013).

Assim, o uso de simulações computacionais permite que os estudantes consigam enxergar o que acontecerá com um fenômeno em uma determinada situação, investiguem o que realmente acontece em determinado caso e, em seguida, tirem conclusões sobre o motivo pelo qual o fenômeno se desenvolveu daquela maneira. Em tal ambiente, é fácil influenciar e controlar os processos de aprendizagem dos estudantes enquanto eles realizam tarefas de aprendizagem investigativa. Em particular, o professor pode atuar como um facilitador da construção do conhecimento e pode estimular os alunos a discutir e refletir sobre sua aprendizagem.

Para Arantes, Miranda e Studart (2010), a principal função da simulação consiste em ser uma efetiva ferramenta de aprendizagem, fortalecendo bons currículos e os esforços de bons educadores. Neste contexto, o uso pedagógico da simulação pode ajudar a introduzir um novo tópico, construir conceitos ou competências, reforçar ideias ou fornecer reflexão e revisão final. Assim, o uso dessa ferramenta pelos educadores pode ser bastante variado como o próprio grupo aponta: aulas expositivas, atividades em grupos na sala de aula, tarefas em casa ou no laboratório (WIEMAN, 2008).

Em aulas expositivas as simulações podem servir como demonstrações. Neste caso, a principal contribuição consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc. Além disso, algumas simulações permitem que gráficos sejam construídos em tempo real à medida que o professor interage com elas. Recomenda-se que o professor proponha questões prévias com o objetivo de trabalhar concepções alternativas do conteúdo em questão. Depois de terem sido apresentados à simulação, os estudantes podem rever suas respostas e as conclusões podem ser apresentadas por meio de um registro da aula (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010). Segundo o PhET, a principal vantagem em situações como a descrita anteriormente é percebida no decorrer das aulas, quando os alunos assumem uma atitude de construção de hipóteses e elaboração de teorias em conjunto com os seus colegas e o professor.

Em atividades em grupos na sala de aula as simulações são utilizadas para melhor aproveitamento. Recomenda-se que os alunos utilizem as simulações em duplas, diretamente na sala de aula. A principal ideia, neste caso, é submeter a dupla

de estudantes a um roteiro estruturado que lhes possibilita investigar os fenômenos explorando todo o potencial da simulação e todas as relações entre as variáveis do fenômeno (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010). De acordo com o grupo do PhET, o objetivo desse roteiro é encorajar os alunos a explorar o comportamento da simulação, questionar suas ideias e desenvolver os correspondentes modelos mentais.

Para a realização de tarefas em casa, as simulações servem como uma estratégia em que o aluno pode revisar o assunto estudado de forma livre ou a partir de um roteiro proposto pelo professor. Além disso, pode ser utilizada para introduzir um novo tópico ou como um aprofundamento do conteúdo discutido em sala de aula, oferecendo, assim, a oportunidade para que o estudante explore a simulação depois da aula presencial (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010).

Já nas tarefas em laboratório as simulações servem para reduzir a carência do mesmo, pois sabe-se que a maioria das escolas brasileiras hoje não possui laboratórios adequados à realização de atividades experimentais e é indiscutível a importância da realização de experimentos. No entanto, nas simulações é possível alterar muitas condições de contorno com facilidade, repetir diversas vezes o experimento, explorando diversas combinações de parâmetros (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010).

Portanto, o uso do software pode ser de grande auxílio para o professor, que necessita da utilização de experimentos para fundamentar e aperfeiçoar sua metodologia de ensino, procurando atribuir significado ao conceito físico, fazendo uma inter-relação com o cotidiano do estudante, dando significado a teoria que está sendo trabalhada através de recursos que possibilitem ao mesmo observar que tudo o que ele está aprendendo está visivelmente presente em seu cotidiano.

2.1 Aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa foi proposta por Ausubel em 1963, na obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. David Paul Ausubel foi médico psiquiatra por formação, mas dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Para ele, a aprendizagem significativa é um processo através do qual a nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de

conhecimento do estudante. Pode ser entendida como a interação da informação nova com uma estrutura específica, a qual Ausubel chamou de subsunção (pode ser entendido como facilitador ou subordinador). Quando a nova informação fica ligada ou ancorada a conceitos relevantes, que já existem na estrutura cognitiva do educando, dizemos ter ocorrido a aprendizagem significativa. A retenção de informações no cérebro é vista por Ausubel como sendo organizada e formadora de uma hierarquia conceitual que liga elementos mais específicos de conhecimento a conceitos mais gerais e inclusivos. Assim, para Ausubel, estrutura cognitiva é uma estrutura hierárquica de conceitos, que são representações de experiências sensoriais de cada indivíduo.

Quando a aprendizagem se dá com pouca ou nenhuma interação com conceitos já existentes, esta será definida por Ausubel como aprendizagem mecânica ou automática e a informação é armazenada arbitrariamente. Como exemplo desse tipo de aprendizagem, em Física, temos a memorização de fórmulas, conceitos e leis.

Para Ausubel (1978, p. 41), “A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de uma maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o estudante já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo”.

Assim, para que ocorra aprendizagem significativa, basicamente duas condições devem ser satisfeitas: o material a ser aprendido deve ser relacionável à estrutura cognitiva do estudante de forma não arbitrária e não literal, e o mesmo deve ter uma pré-disposição para relacionar o novo material. Para que possamos aferir a aprendizagem significativa, os testes devem ser feitos com questões e problemas diferentes daqueles constantes do material e de forma não familiar, de maneira a evitar a “simulação da aprendizagem significativa”. Ainda de acordo com Ausubel, são três os tipos de aprendizagem: aprendizagem representacional (o tipo mais básico), aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional.

Existe uma “teoria”, proposta por Ausubel, chamada teoria da assimilação, que tem por finalidade tornar mais preciso e claro o processo de aquisição e

organização dos significados na estrutura cognitiva dos estudantes. Ela tem caráter explanatório tanto para retenção quanto para a aprendizagem. Assim, temos a assimilação como um processo que ocorre quando uma proposição ou conceito, potencialmente significativo, é assimilado por um conceito mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva dos estudantes, ou seja, para ele, a assimilação provavelmente tem como efeito facilitar a retenção. O próximo estágio na sequência de assimilação é a assimilação obliteradora, na qual as novas informações tornam-se espontânea e progressivamente menos dissociáveis de seus subsunçores até um ponto em que não estejam mais disponíveis, ou seja, não reproduzíveis como entidades individuais. Vale ressaltar que o processo de assimilação, em termos de uma única interação, é uma simplificação, pois, em menor escala, uma nova informação interage também com outros subsunçores e o grau de assimilação, em cada caso, vai depender da relevância do subsunçor, a qual dará origem a três tipos de aprendizagem: aprendizagem subordinada, aprendizagem superordenada e aprendizagem combinatória.

No processo de aprendizagem subordinada existe uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente, em que o conceito potencialmente significativo é assimilado por uma ideia mais inclusiva. A aprendizagem superordenada se dá por um conceito significativo, mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva. Já a aprendizagem combinatória ocorre quando não existe relação de subordinação ou de superordenação. (MOREIRA, 2017a).

Segundo Ausubel, existem dois processos que ocorrem na aprendizagem significativa conhecidos como diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A diferenciação progressiva está mais afinada com a aprendizagem subordinada e ocorre quando um novo conceito ou proposição é aprendido por um processo de ancoragem em um subsunçor onde este também se modifica. Já a reconciliação integradora está relacionada com as aprendizagens superordenada e combinatória. Esses dois princípios programáticos podem ser implementados através do uso de organizadores prévios que sejam adequados. (MOREIRA, 2017a). Outra maneira de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora é por meio de mapas conceituais (MOREIRA E BUCHWEITZ, 1993).

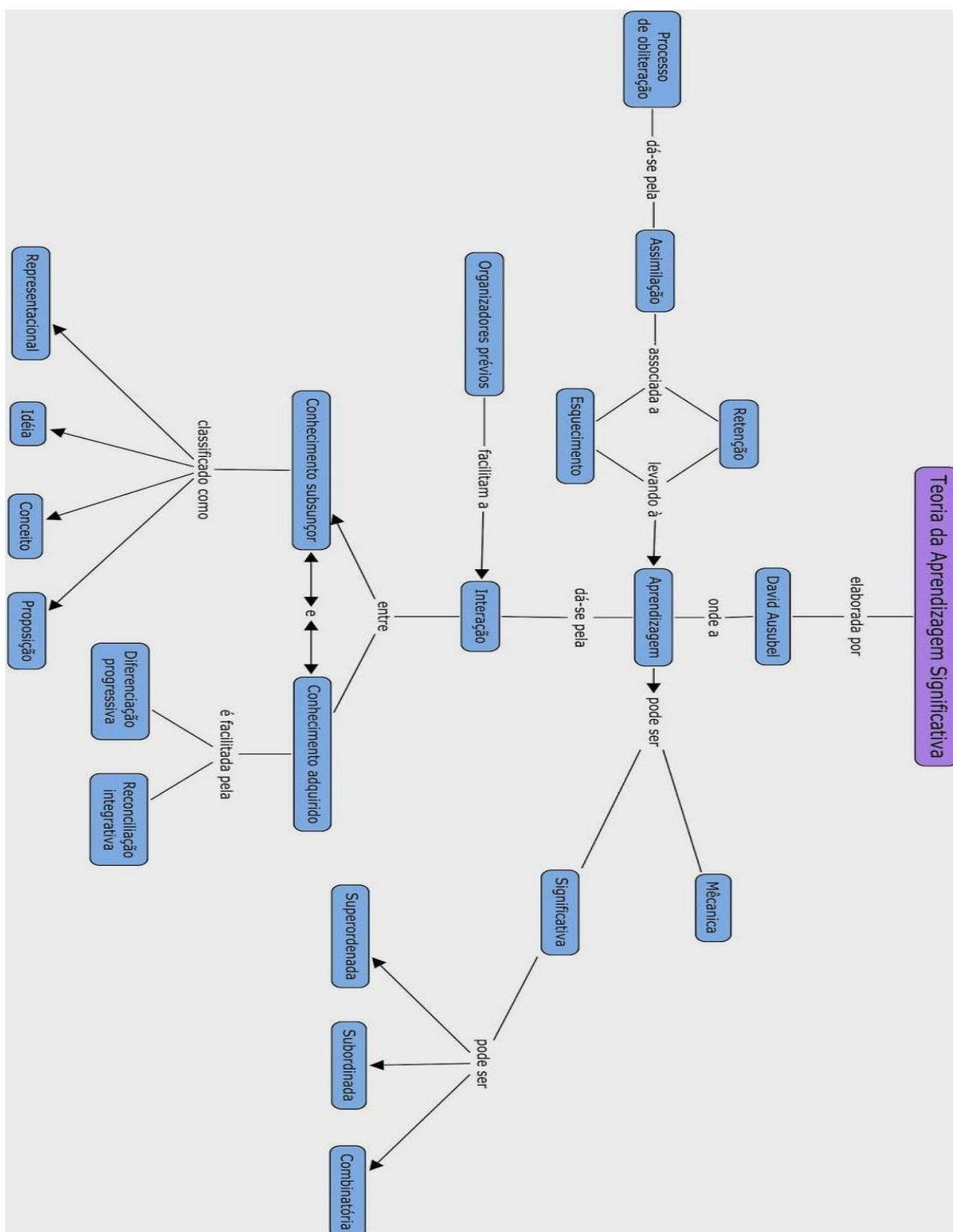
Para o processo instrucional, do ponto de vista de Ausubel, o fator mais importante a ser considerado é a estrutura cognitiva do aluno. Esta pode ser influenciada tanto substantivamente quanto programaticamente. Em termos de conteúdo, a tarefa é a identificação dos conceitos básicos do componente curricular e como eles serão estruturados. Segundo palavras do próprio Ausubel (1978, p.189): “Uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos conceitos organizadores básicos) está resolvido, a atenção pode ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e organização sequencial das unidades correspondentes. Aqui, hipotetiza-se, vários princípios relativos à programação eficiente do conteúdo são aplicáveis, independentemente da área de conhecimento”. Os princípios aos quais Ausubel se refere em sua fala são a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação.

Assim, o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa passa por pelo menos 4 funções fundamentais, a saber:

- Identificar os conceitos e princípios unificadores e mais inclusivos, fazendo a organização de modo que, progressivamente, busquem os menos inclusivos;
- Identificar os subsunçores que são relevantes à aprendizagem do conteúdo a ensinar, os quais os estudantes deveriam ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente um determinado conteúdo;
- Diagnosticar aquilo que o estudante já sabe, ou seja, determinar entre os subsunçores relevantes, quais estão disponíveis na estrutura cognitiva dos estudantes;
- Ensinar usando recursos e princípios que melhorem a aquisição da estrutura conceitual do conteúdo de uma maneira significativa.

Finalmente, a teoria de Ausubel tem como foco a aprendizagem cognitiva ou significativa. Se quisermos ser um pouco mais específicos, podemos dizer aprendizagem verbal significativa receptiva. Verbal porque Ausubel considera a linguagem como importante elemento facilitador da aprendizagem significativa e, receptiva, porque a recepção é o mecanismo humano por excelência para adquirir e armazenar ideias. Na sequência temos um mapa conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Figura 01: Mapa mental da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Autor.

2.2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

A Unidade de Ensino com Potencial Significativa (UEPS) foi proposta por Marco Antônio Moreira (2011) para desenvolver métodos de ensino voltados para a aprendizagem significativa.

A pesquisa da UEPS é derivada das Teorias de Aquisição e Retenção do Conhecimento e Aprendizagem Significativa de Ausubel e se apresenta como um recurso que promove a aprendizagem significativa ao estruturar o processo de aprendizagem em uma sequência didática com etapas de desenvolvimento. Assim, a proposta da UEPS de Moreira (2011) é composta por oito etapas sequenciais, como a seguir:

2.2.1 Definindo o tema e aspectos do conteúdo

Ao planejar uma UEPS, o primeiro passo crucial é selecionar um tema relevante. No entanto, não basta apenas escolher o tema; é necessário delimitar quais aspectos específicos do conteúdo serão abordados. Dessa forma, garantimos que os tópicos selecionados estejam alinhados ao que foi proposto para a matéria.

2.2.2 Apresentando situações-problema

O segundo passo consiste em propor situações-problema estimulantes. Essas situações podem ser apresentadas por meio de discussões, questionários, mapas conceituais e outras abordagens interativas. Essa etapa visa identificar o conhecimento prévio dos estudantes e incentivar a expressão de suas dúvidas e impressões sobre o tema em questão.

2.2.3 Organizando a sequência didática

Agora, é essencial organizar a sequência didática de forma estruturada. Começamos com situações-problema mais introdutórias, levando em conta o conhecimento prévio dos estudantes. Essa abordagem os prepara para compreenderem melhor o novo conhecimento que será apresentado. As situações-problema podem incluir vídeos, simulações, questionários e outras formas de tornar o conteúdo acessível e relevante aos alunos.

2.2.4 Introduzindo o conhecimento de maneira introdutória

No quarto passo, introduzimos o conhecimento de forma introdutória. Começamos destacando os aspectos gerais relacionados ao tema, ressaltando sua importância na solução dos problemas apresentados. Também fornecemos

exemplos de aplicações práticas para que os estudantes compreendam a relevância do conteúdo. Em seguida, promovemos atividades em grupos pequenos, seguidas de discussões ou apresentações, permitindo a diferenciação progressiva à medida que a compreensão é aprofundada.

2.2.5 Retomando aspectos anteriores de forma mais complexa

O quinto passo consiste em revisitar os aspectos já apresentados, mas agora de forma mais complexa. Essa abordagem permite aprofundar o entendimento dos estudantes. Podemos utilizar exposições orais, vídeos, animações, imagens e textos para reforçar a relação entre as situações-problema anteriores e novos problemas, incentivando a aplicação do aprendizado em diferentes contextos.

2.2.6 Integrando a situação-problema e o conceito

No sexto passo, focamos em integrar as situações-problema com os conceitos-chave. O objetivo é apresentar o conteúdo de maneira envolvente, preparando novas situações-problema com níveis crescentes de complexidade. Isso desafia os estudantes e os incentiva a desenvolver uma compreensão sólida do tema, possibilitando discussões e trocas de ideias em grupo.

2.2.7 Avaliando a aprendizagem de forma contínua

O sétimo passo envolve a avaliação contínua da aprendizagem. Nesse contexto, a avaliação tradicional não é descartada, mas complementada por outras estratégias que permitem ao professor detectar indícios de aprendizagem significativa. Essa abordagem oferece uma visão mais completa do progresso dos estudantes ao longo do processo.

2.2.8 Reflexão sobre a avaliação da UEPS

O último passo destaca a importância de uma reflexão sobre a avaliação da UEPS. O sucesso dessa abordagem de ensino está ligado à comprovação da aprendizagem significativa. Assim, os estudantes devem ser capazes de resolver problemas, explicar conceitos e demonstrar compreensão do tema. A avaliação, portanto, deve ser baseada em evidências que demonstrem o desenvolvimento progressivo do conhecimento ao longo do processo.

As etapas descritas representam importantes processos de aprendizado significativo como a modificação de subsunçores, ancoragem, diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Os três primeiros níveis da UEPS enfocam o problema da organização do

conhecimento a ser aprendido. Aqui, o professor identifica elementos que já existem na estrutura cognitiva do aluno ou utiliza informações desenvolvidas por configuradores anteriores para construir pontes de ancoragem. Segundo Ausubel (2003), o fator de maior influência na aprendizagem é o que os alunos já sabem, por isso é importante preservar o contexto anterior para que ocorra um processo de aprendizagem significativo. Moreira (2011, p. 3) define esta etapa inicial como “fornecer as bases para a implementação do conhecimento que se pretende ensinar”, pois deve estar ligada à colocação de situações de aprendizagem menos complexas em relação ao objeto de estudo. As etapas podem ser resumidas conforme a tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Etapas de uma UEPS.

Aspectos sequenciais da UEPS	
ETAPA 01	Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.
ETAPA 02	Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.
ETAPA 03	Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.
ETAPA 04	Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).
ETAPA 05	Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados.
ETAPA 06	Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.
ETAPA 07	Avaliação processual e formativa da aprendizagem.
ETAPA 08	Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.

Fonte: adaptação de Moreira (2011).

Além dos aspectos sequenciais, Moreira (2011) aborda elementos transversais que devem ser considerados durante a construção da UEPS, como o uso de diferentes materiais e estratégias que privilegiem o questionamento, troca de significados, resolução de problemas e atividades colaborativas. Desse modo, a

implantação da UEPS tem como objetivo organizar e sistematizar o processo de ensino, oferecendo materiais e procedimentos capazes de desenvolver a aprendizagem significativa em diferentes contextos. Ainda segundo Moreira (2011), os conceitos mais importantes da UEPS são:

Aprendizagem significativa: Aprendizagem que fornece algum significado para o estudante. Para que um novo conhecimento tenha significado, ele deve estar relacionado ao conhecimento anterior, de forma não literal e deve permitir que os estudantes formem novas relações com outros conhecimentos. A aprendizagem só tem sentido quando faz parte da vida de uma pessoa, caso contrário, é apenas uma forma de conhecimento, sem sentido e será esquecida.

Aprendizagem significativa crítica: Aprendizagem que permite a um sujeito ser tanto parte de sua cultura quanto estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. Poderá, assim, lidar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela. É por meio dela que poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças. (Moreira, 2005).

Aprendizagem mecânica: Esta é uma forma de aprendizagem irracional. O aprendizado de máquina é geralmente associado a métodos de ensino tradicionais nos quais os estudantes aprendem com a única intenção de memorizar novos conhecimentos sem conectá-los aos conhecimentos anteriores para dar-lhes significado.

Atividade colaborativa: Um tipo de atividade que conta com a cooperação de pequenos grupos (2-4 pessoas). Você pode realizar diferentes tipos de atividades, como listas de exercícios, mapas conceituais e conduzir experimentos. Ao final da atividade o grupo apresenta os resultados aos demais estudantes.

Avaliação Formativa: Tipo de avaliação do processo formativo do estudante. A ideia é julgar não apenas com base nos acertos e erros, mas também com base no processo como um todo. Essa avaliação é realizada de forma contínua, observando todo o processo de aprendizagem, desde o primeiro até o último encontro.

Avaliação Somativa: Aqui, o objetivo é avaliar cada etapa do processo de

aprendizagem do estudante. Métodos simples como exercícios, apresentações orais, textos curtos ou avaliações finais são comumente usados.

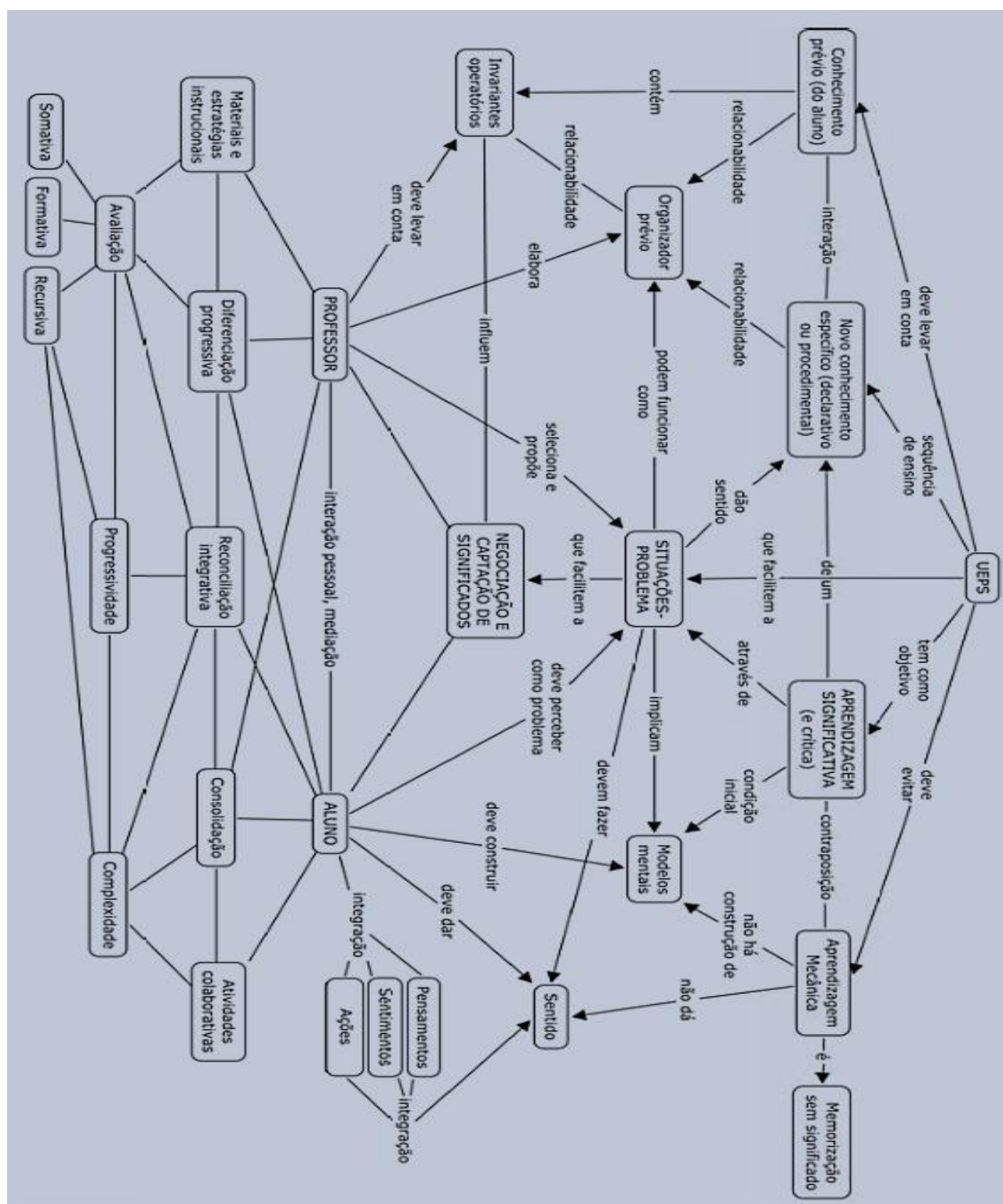
Conhecimento prévio: É a base para o novo conhecimento, um conceito que já existe na estrutura cognitiva dos estudantes sobre um assunto ou tópico. É impensável que um estudante venha para a escola sem nenhum conhecimento, como se fosse “HD em branco”. Cabe ao professor identificar esse conhecimento existente e saber aproveitá-lo da melhor forma possível.

Diferenciação progressiva: Um novo conceito é apresentado na forma de uma situação-problema, e ao final do processo há uma explicação real desse novo conhecimento. Nesse intervalo, ocorre a diferenciação gradativa e novos conhecimentos são apresentados no início do processo, momento em que os conceitos são distintos dos conhecimentos anteriores na bagagem cognitiva do estudante.

Organizadores prévios: São conceitos que o estudante deve ter antes de o professor explicar o novo conhecimento. Por exemplo, para que se possa ensinar como resolver uma equação de segundo grau é necessário que antes o estudante saiba de alguns conceitos matemáticos importantes, tais como soma, subtração, divisão, multiplicação, radiciação, equação de primeiro grau etc. É importante mostrar ao estudante que conceitos são estes, como eles são importantes e, também, como vão fazer parte do novo conhecimento. Assim, são conceitos que devem ser apresentados aos alunos antes de chegar com o novo conhecimento.

Reconciliação integradora: É um momento de conciliar conhecimentos antigos e novos. Essas adaptações são necessárias para que possa existir a integração de novos conhecimentos com os conhecimentos que o estudante já tem. Aqui, o professor deve apontar todas as possíveis semelhanças e diferenças, a fim de fazer uma “conexão” com o conhecimento existente dos estudantes. Na figura 02 a seguir temos um mapa conceitual de uma UEPS.

Figura 02: Mapa mental de uma UEPS.



Fonte: Autor.

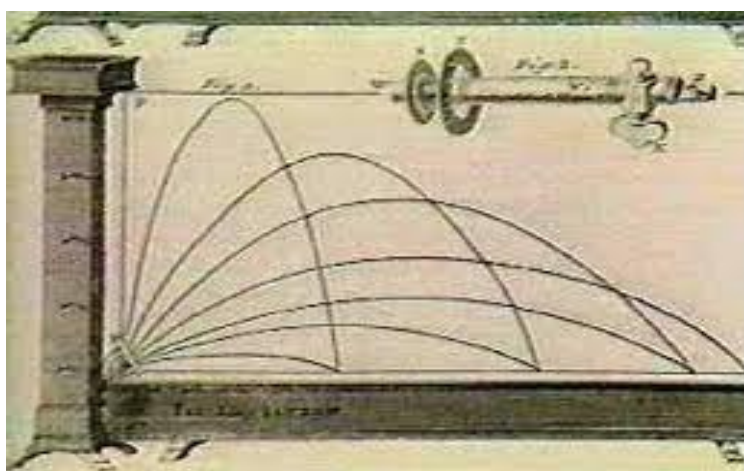
3 MOVIMENTO OBLÍQUO

Galileu fez grandes progressos na compreensão do movimento dos objetos, desde que viajassem curtas distâncias sobre a superfície da Terra. Esse movimento é chamado de movimento de projétil, movimento oblíquo ou simplesmente movimento balístico. Sob certas condições, a força gravitacional exercida pela Terra sobre estes é mais ou menos constante.

Em seu já famoso livro *Discourse on Two New Sciences*, Galileu estudou o movimento de projéteis e entendeu os pontos mais relevantes. Ele realizou um estudo abrangente desse movimento e encontrou quatro aspectos importantes para destacar em sua pesquisa:

- (I) O movimento ocorre no plano vertical;
- (II) O movimento pode ser dividido em dois movimentos independentes: movimento uniforme ao longo do plano horizontal e movimento uniformemente variado ao longo do plano vertical;
- (III) A trajetória é uma parábola ou parte de uma parábola;
- (IV) Os itens (I) e (II) se aplicam, a menos que a resistência do ar seja levada em consideração. Então, estamos lidando com estimativas.

Figura 03 – Esboço das parabólicas de Galileu.



Fonte: física interessante.

Galileu refutou a ideia de Aristóteles e forneceu uma explicação para o movimento dos projéteis com base em fatores externos que os impulsionam em direção ao centro da Terra, e qualquer que fosse o mecanismo, seria simples.

3.1 Por que este movimento é simples?

A razão pela qual você pode pensar no movimento dos projéteis como sendo simples é por causa da gravidade. Esta força não muda muito, desde que o movimento dos objetos na superfície da Terra seja limitado a pequenas alturas. Essa situação pode ser determinada com mais precisão dizendo que a altura máxima que atingem (h) é muito menor que o raio da terra (R_T). Em outras palavras:

$$h \ll R_T \quad (3.1)$$

Nessas circunstâncias a força gravitacional não varia muito e, portanto, dentro de uma boa aproximação, podemos considerar a força gravitacional como constante. Para entendermos isso, suponhamos que o projétil tenha massa m e que a massa da terra seja M_T . De acordo com a lei da gravitação de Newton a terra exercerá, para um objeto localizado a uma distância r , uma força cujo módulo é dado por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{r^2} \quad (3.2)$$

Para um ponto a uma altura h contada a partir da superfície da terra, e nas circunstâncias definidas pela expressão 3.1, podemos escrever, dentro de uma boa aproximação:

$$F_g = \frac{GmM_T}{(h+R_T)^2} = \frac{GmM_T}{(h^2+2hR_T+R_T^2)} = \frac{GmM_T}{R_T^2} - 2 \left(\frac{h}{R_T} \right) \frac{GmM_T}{R_T^2} \quad (3.3)$$

Assim, a força que a terra exerce nas circunstâncias apontadas em 3.1 é aproximadamente constante e dada por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{R_T^2} = mg \quad (3.4)$$

Onde g é a aceleração da gravidade, a qual é dada pela expressão:

$$\boxed{g \equiv \frac{GM_T}{R_T^2}} \quad (3.5)$$

3.2 O problema geral

Ao tratarmos do movimento de projéteis, consideraremos a superfície da terra plana. Consideremos um sistema cartesiano de tal forma que o eixo x seja paralelo ao solo e o eixo y seja ortogonal ao mesmo.

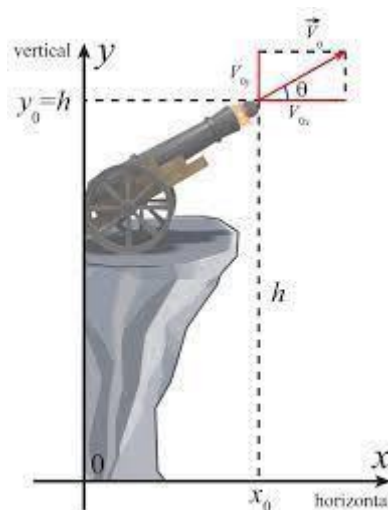
Consideremos que um projétil seja lançado de um ponto em um certo instante de tempo (uma bala de canhão, por exemplo). Seja tal instante de tempo dado por $t = t_0$ e sejam (x_0, y_0) as coordenadas cartesianas do ponto de lançamento do projétil. Vamos admitir que ele seja lançado com uma velocidade inicial tal que o vetor velocidade inicial é dado por:

$$\vec{v}_0 \equiv \mathbf{v}(t_0) = v_{0x}\mathbf{i} + v_{0y}\mathbf{j} \quad (3.6)$$

Suponhamos ainda que ele seja lançado de uma altura h. Esta é a altura de lançamento. Assim, o ponto de lançamento do projétil tem coordenadas cartesianas representadas por:

$$(x_0, y_0) = (x_0, h) \quad (3.7)$$

Figura 04 – Coordenada inicial do projétil.



Fonte: mídia USP.

Os dados resumidos pelas expressões 3.6 e 3.7 especificam as condições iniciais do movimento e, por meio delas, sabemos tudo sobre como o movimento se inicia.

Quase sempre especificamos as condições iniciais do movimento a partir do módulo da velocidade inicial v_0 e do ângulo θ_0 , definido como o ângulo formado pelo vetor velocidade com a horizontal (eixo x). Este ângulo é conhecido como ângulo de tiro.

Assim, uma outra forma de especificar as condições iniciais, em relação a velocidade, é por meio das grandezas (v_0, θ_0) . As componentes do vetor velocidade inicial são relacionadas com estas últimas, por meio das relações:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (3.8)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (3.9)$$

Veremos que é possível, por meio dos dados já fornecidos, as condições iniciais, prever a posição da partícula, bem como prever sua velocidade para qualquer instante de tempo.

Seja t_q o instante de tempo no qual ocorre a queda do projétil, o tempo de voo t_v é definido como o tempo no qual ele esteve viajando. É dado pela diferença entre os instantes de tempo de queda e do lançamento:

$$t_v = t_q - t_0 \quad (3.10)$$

Depois de decorrido um instante de tempo desde o lançamento, o projétil atinge uma altura máxima a partir da qual tem início o seu movimento de queda.

Durante o tempo de percurso ou tempo de voo, o projétil percorre uma distância horizontal conhecida como alcance (A).

3.3 Equações básicas do movimento

Levando-se em consideração que a gravidade aponta sempre para o centro da terra, desprezando a força de resistência do ar e tendo em vista a escolha do referencial, a expressão para a força agindo sobre o projétil é dada por:

$$\vec{F} = -(mg)\hat{j} \quad (3.11)$$

O movimento do projétil pode ser estudado como a composição de dois movimentos, um na direção do eixo y e outro na direção do eixo x. Como não existe aceleração na direção do eixo x, dizemos que o movimento é uniforme neste eixo e escrevemos:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.12)$$

onde x_0 é a coordenada inicial (no tempo $t = t_0$) e v_{0x} é a componente da velocidade inicial ao longo do eixo x. A componente da velocidade no eixo x é constante e dada por:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.13)$$

Ao longo do eixo y a aceleração é constante e dada pela aceleração da gravidade. O movimento no eixo y é, portanto, uniformemente variado e, para a orientação de eixos considerada, escrevemos para a componente da velocidade a expressão:

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.14)$$

onde v_{0y} é a componente vertical da velocidade inicial.

Para definirmos a posição em um instante qualquer de tempo, basta determinarmos cada uma das variáveis x e y. Estas coordenadas, por sua vez, são dadas para um tempo, a partir do lançamento, pelas expressões:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.15)$$

$$y = h + v_{0y}(t_q - t_0) - \frac{g}{2}(t_q - t_0)^2 \quad (3.16)$$

Para as componentes da velocidade basta que façamos, a qualquer tempo, a derivada das expressões acima. Assim teremos:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.17)$$

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.18)$$

As equações anteriores são chamadas de equações básicas do

movimento dos projéteis. A partir delas, podemos obter todas as informações sobre o movimento, ou seja, dadas a posição inicial (x_0, h) e a velocidade inicial, determinada a partir das componentes (v_{0x}, v_{0y}) , podemos determinar a posição e a velocidade do projétil em qualquer instante depois do lançamento.

3.4 Trajetória do projétil

Determinemos agora a trajetória da partícula. Para tal, escrevemos o tempo como sendo dependente da coordenada x , como a seguir:

$$x = x_0 + v_{0x} (t - t_0) \Rightarrow t - t_0 = \frac{x - x_0}{v_{0x}} \quad (3.19)$$

substituindo a expressão acima em 3.16 encontramos a equação da trajetória:

$$y = h + v_{0y} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right)^2 \quad (3.20)$$

Pode-se facilmente verificar que esta equação descreve uma trajetória cuja curva a ela associada é uma parábola.

3.5 Altura máxima (h_{max})

A partir de agora, admitiremos que os tempos serão contados a partir do instante do lançamento, ou seja, faremos para simplificar, $t_0 = 0$.

Como é sabido, todo projétil retorna para a superfície da terra depois de algum tempo. Assim, ele sobe até atingir uma altura máxima e retorna, ou seja, naquele ponto sua velocidade na direção vertical é nula. Dessa forma, o ponto no qual ele para no ar, olhando apenas o movimento na vertical, pode ser determinado a partir da condição de que se anula a componente vertical da velocidade no instante de tempo t_m :

$$v_y(t_m) = 0 \quad (3.21)$$

Esta equação nos permite determinar o instante de tempo (t_m) no qual o objeto atinge a altura máxima (h_{max}). Utilizando a expressão 3.18, esse instante é dado por:

$$v_y(t_m) = v_{0y} - gt \Rightarrow 0 = v_{0y} - gt_m \Rightarrow t_m = \frac{v_{0y}}{g} \quad (3.22)$$

Neste instante, as coordenadas do projétil, fazendo uso das expressões 3.15 e 3.16, são dadas pelas expressões:

$$x(t_m) = x_{h_{max}} = x_0 + v_{0x} \cdot \frac{v_{0y}}{g} = x_0 + \frac{v_{0x}v_{0y}}{g} \quad (3.23)$$

$$y(t_m) \equiv h_{max} = h + v_{0y} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right)^2 = h + \frac{(v_{0y})^2}{2g} \quad (3.24)$$

Estas expressões podem ser escritas ainda, em termos das condições iniciais (módulo da velocidade inicial e ângulo de tiro), como:

$$x_{h_{max}} = x_0 + \frac{(v_0)^2}{g} \sin \theta \cos \theta \quad (3.25)$$

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \quad (3.26)$$

A altura máxima é dada, portanto, como um acréscimo da altura lançada, cujo valor depende do módulo da velocidade inicial e da sua direção. Para atingirmos a altura máxima, mantida a mesma velocidade inicial em módulo, devemos atirar o objeto para cima (ângulo de tiro $\theta = \frac{\pi}{2}$). No entanto, nesse caso, o alcance na horizontal será nulo.

3.6 Tempo de queda ou tempo de voo

Todo projétil cai depois de decorrido um intervalo de tempo designado por tempo de voo (3.10), que é o tempo de duração da viagem do projétil. Para a escolha de referencial aqui utilizado, o tempo de voo é determinado a partir da condição:

$$y(t_v) = 0, \quad (3.27)$$

ou seja, nesse momento a coordenada y do projétil é nula, indicando que ele teria atingido o solo naquele exato instante. A condição acima nos leva a uma função do segundo grau para a determinação do tempo de voo. Esta função, fazendo $t_0 = 0$ em 3.16 é a seguinte:

$$y(t_v) = h + v_{0y}t_v - \frac{g}{2}t_v^2 \Rightarrow -\frac{g}{2}t_v^2 + v_{0y}t_v + h = 0 \quad (3.28)$$

A única solução aceitável para a equação acima, uma vez que esse tempo deve ser necessariamente positivo, é:

$$t_v = \frac{1}{g} [v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.29)$$

3.7 Alcance do projétil

Quando o projétil atinge o solo, suas coordenadas são dadas por:

$$x(t_v) = x_0 + v_{0x}t_v \quad (3.30)$$

$$y(t_v) = 0 \quad (3.31)$$

Assim, o valor da coordenada x no instante em que ele atinge o solo, levando-se em conta a expressão para o tempo de voo em 3.27, é dado por:

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_{0x}}{g} [v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.32)$$

Denomina-se alcance do projétil (A), a diferença de coordenadas associada ao ponto de saída e seu ponto de chegada ao solo:

$$A \equiv x(t_v) - x_0 \quad (3.33)$$

Levando em consideração a equação anterior, determinamos a dependência do alcance com a altura da qual lançamos o projétil, o módulo da velocidade inicial e o ângulo de tiro. Assim, o alcance é dado por:

$$A \equiv x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] - x_0 \Rightarrow$$

$$A \equiv \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.34)$$

Ao atingir o solo, o projétil tem velocidade tal que suas componentes são dadas por:

$$v_x(t_v) = v_0 \cos \theta \quad (3.35)$$

$$v_y(t_v) = v_{0y} - gt_v \Rightarrow v_y(t_v) = v_0 \sin \theta - v_0 \sin \theta - \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}$$

$$v_y(t_v) = -\sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh} \quad (3.36)$$

3.8 Caso particular do lançamento de projéteis

As equações obtidas até agora para as grandezas relevantes (tempo de voo, alcance e altura máxima de um projétil) são muito gerais. Para que possamos estudar casos mais simples e de interesse, vamos analisar a situação na qual o lançamento é feito a partir do solo. Nesse caso fazemos $h=0$ nas equações gerais para o tempo de voo, altura máxima e alcance.

3.8.1 Para o tempo ($h=0$)

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2g0}] \Rightarrow$$

$$t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \quad (3.37)$$

O tempo de voo é calculado fazendo duas vezes o valor de t_s , ou seja, o tempo usado para subir até a altura máxima é igual ao tempo necessário para descer. Então:

$$t_s = t_v / 2 \Rightarrow t_s = \frac{v_0 \sin \theta}{g} \quad (3.38)$$

3.8.2 Para a altura máxima ($h=0$)

Quando fazemos $h=0$ na expressão para altura máxima, encontramos:

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow h_{max} = 0 + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow$$

$$h_{max} = \frac{(v_0)^2 \sin^2 \theta}{2g} \quad (3.39)$$

3.8.3 Alcance ($h=0$)

Para um valor fixo de v_0 , o melhor é fazer uma boa escolha para o ângulo de tiro:

$$A(\theta) = \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2gh}] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2g0}] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta}] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + v_0 \sin \theta] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \Rightarrow$$

$$\boxed{A(\theta) = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}} \quad (3.40)$$

Podemos verificar que o valor máximo do alcance ocorrerá para o valor do ângulo para o qual a derivada do alcance, nesse valor, seja nula. Assim:

$$\boxed{\left. \frac{dA}{d\theta} \right|_{\theta=\theta_0} = \frac{v_0^2 \cos 2\theta}{g} = 0} \quad (3.41)$$

Da condição anterior, segue que o alcance máximo será obtido quando o ângulo de tiro for de 45° .

3.9 Lançamento de projéteis com resistência do ar

Consideremos agora um corpo de massa m sendo lançado com velocidade inicial v_0 formando com o plano horizontal um ângulo θ , em um local onde o módulo da aceleração da gravidade vale g . Suponhamos que o vento atue de forma sempre contrária sobre o corpo durante todo o tempo (ou seja, atue em sentido contrário ao do eixo x), com uma força f . Uma vez que a força f é

horizontal, apenas o movimento na direção horizontal x será afetado pela mesma. Sendo f constante, na direção x o corpo realizará um movimento uniformemente variado. Admitindo que o corpo é lançado de uma altura $h=0$, o alcance será dado por:

$$A = v_{0x} t_v - \frac{a}{2} t_v^2 \quad (3.41)$$

Lembrando que $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ e $a = f/m$, podemos reescrever a expressão do alcance como:

$$A = v_0 \cos \theta t_v - \frac{f}{2m} t_v^2 \quad (3.42)$$

Na vertical, o movimento do corpo também será uniformemente variado, com aceleração de módulo g . Assim, o tempo total de permanência no ar será expresso como:

$$t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \quad (3.43)$$

Substituindo a expressão do tempo total ou tempo de voo na expressão do alcance (equação 3.42), obtém-se:

$$\begin{aligned} A &= v_0 \cos \theta \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right) - \frac{f}{2m} \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right)^2 \Rightarrow \\ A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{4v_0^2 \sin^2 \theta f}{2mg^2} \Rightarrow \\ A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \theta f}{mg^2} \Rightarrow \\ A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta \sin \theta f}{mg^2 \cos \theta} \Rightarrow \\ A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta f}{mg^2} \operatorname{tg} \theta \Rightarrow \\ \boxed{A &= \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g} \left(1 - \frac{f}{mg} \cdot \operatorname{tg} \theta \right)} \end{aligned} \quad (3.44)$$

Pela equação anterior podemos notar que, em relação ao caso da não existência da resistência do ar, houve uma redução no alcance e que agora ele depende também da massa do corpo e da influência do vento.

Por fim, lançamento oblíquo além de possuir inúmeras aplicações práticas, também fornece subsídios para o entendimento de muitos outros tópicos da física do ensino médio tais como: movimento uniforme, movimento uniformemente variado, composição de movimentos, princípio da independência de movimentos simultâneos, princípio da conservação da energia mecânica, princípio da conservação da quantidade de movimento, conceito de centro de gravidade etc.

4 METODOLOGIA

A metodologia da dissertação "Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para Ensinar Lançamentos Vertical, Horizontal e Oblíquo Utilizando o PhET Simulações como Recurso Tecnológico Educacional" descreve o planejamento e a estratégia adotada para desenvolver a proposta educacional e investigar sua eficácia. A seguir, apresento uma síntese da metodologia utilizada para este trabalho.

4.1 Natureza da pesquisa

A essência do estudo proposto é explorar e desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para abordar os conceitos de lançamentos verticais, horizontais e oblíquos usando simulações PhET interativas. Assim, esta pesquisa visa criar uma abordagem inovadora que promova uma compreensão mais profunda desses conceitos físicos fundamentais de uma forma que seja mais interativa.

A UEPS proposta está estruturada de forma a facilitar a passagem dos conceitos teóricos à prática através da simulação. Os estudantes são apresentados aos fundamentos dos lançamentos verticais, horizontais e oblíquos e, em seguida, são guiados por uma série de atividades interativas que reforçam e aplicam o conhecimento adquirido com as simulações PhET. Um aspecto importante do estudo é avaliar o impacto dessas abordagens no desempenho acadêmico e na motivação dos estudantes. Além disso, esta pesquisa se concentrará na identificação de problemas e barreiras que os estudantes podem enfrentar ao usar simulações e como esses problemas podem ser superados.

Com base nos resultados da pesquisa, serão propostas estratégias pedagógicas para maximizar o potencial das simulações nos processos de ensino e aprendizagem.

Em última análise, acredita-se que os resultados possam ser incorporados aos currículos escolares para beneficiar estudantes e professores e promover uma abordagem mais pragmática e significativa para o ensino de Física.

4.2 Coleta de Dados

Abaixo estão descritos os métodos de coleta de dados que foram utilizados na UEPS:

4.2.1 Questionários prévios

Antes da implementação da UEPS aplicamos questionários para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes e seu interesse em aprender por meio de simulações. Isso nos permitiu entender o ponto de partida deles e identificar suas necessidades.

4.2.2 Observações em sala de aula

Durante a implementação da UEPS fizemos observações em sala de aula para analisar o interesse dos estudantes, suas interações com as simulações do PhET e sua compreensão dos conceitos ensinados. Essas observações foram feitas por meio de anotações em um diário de campo.

4.2.3 Registro de interações na simulação

Foi feito o acompanhamento dos registros das interações na simulação. Isso nos forneceu dados valiosos sobre como os estudantes exploraram as simulações e como aplicaram os conceitos aprendidos.

4.2.4 Avaliação Final

Por fim, fizemos uma avaliação final para comparar os dados referentes a implementação da UEPS com os dados obtidos anteriormente com o método tradicional e evidenciar ou não a efetividade Unidade de Ensino.

4.3 Ambiente de Pesquisa

O Produto Educacional (APÊNDICE A) foi aplicado em um ambiente escolar, especificamente em uma turma sob a tutela do próprio pesquisador, que também atua como professor de Física. Esse fato representa uma significativa vantagem para o desenvolvimento da observação e a análise dos resultados, uma vez que o conhecimento sobre a capacidade e as características individuais de cada estudante conferiu uma maior consistência e aderência à realidade dos dados obtidos.

O cenário da pesquisa está inserido diretamente na rotina das aulas, o que contribuiu para a naturalidade do processo de coleta de dados. As aulas ocorreram no horário regular da turma, sem a necessidade de encontros em horários alternativos. Uma vez que a pesquisa ocorreu no ambiente de sala de aula, tendo o pesquisador atuando como professor da turma, a mesma pode ser classificada como uma pesquisa de campo.

4.4 Local da Pesquisa e Público Alvo

O presente estudo foi conduzido no âmbito do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus Natal Central (IFRN-CNAT), direcionado aos estudantes da primeira série do ensino médio do curso de Controle Ambiental. A turma selecionada para participar do projeto é composta por 39 jovens engajados na causa ambiental, pautando-se por um comprometimento efetivo com a preservação e proteção do meio ambiente. As aulas aconteceram entre os dias 26 de junho e 10 julho do ano de 2023.

O IFRN-CNAT destaca-se como uma instituição de ensino técnico e tecnológico de referência na região Nordeste do Brasil. Localizado na cidade de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, o CNAT exerce um papel fundamental como centro de excelência em educação, oferecendo formação acadêmica e profissional de alta qualidade.

A turma de Controle Ambiental, sob a orientação de docentes altamente especializados, é estimulada a participar de atividades de campo, projetos de pesquisa e programas de extensão relacionados à conservação do meio ambiente. Essa abordagem proporciona aos estudantes a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos, permitindo-lhes contribuir efetivamente para a conscientização sobre questões ambientais locais e globais.

No cenário educacional, o CNAT é parte integrante de uma rede de Institutos Federais distribuídos em todo o território nacional. Seu objetivo é proporcionar uma educação técnica, tecnológica e superior de excelência, focada no desenvolvimento regional e na formação de profissionais capacitados para enfrentar os desafios do mercado de trabalho.

Nesse sentido, o IFRN-CNAT oferece uma vasta oferta de cursos, abrangendo diferentes áreas do conhecimento, como tecnologia da informação, engenharia, ciências exatas e da natureza, administração e áreas sociais. A estrutura moderna e os laboratórios bem equipados do instituto conferem aos estudantes uma experiência educacional enriquecedora, proporcionando uma formação completa e abrangente que alia teoria e prática, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais. A seguir temos uma sequência de imagens feitas durante a aplicação do produto educacional.

Figura 05 – Ampliando a compreensão com o uso do PhET.



Fonte: arquivos do autor.

Figura 06 – Último dia de aplicação do Produto Educacional.



Fonte: arquivos do autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez que a turma participante do estudo não era minha, antes do início das aulas, tive a honra de me reunir com o Professor Geraldo para conhecer a turma e entender o nível de conhecimento em que se encontrava. Ao fazê-lo, o professor enfatizou claramente que o conhecimento matemático prévio dos estudantes era bastante limitado. Contudo, quando ele destacou o desejo inabalável da turma de aprender e progredir academicamente, fiquei cheio de esperança. A turma, embora carente de conhecimentos matemáticos sólidos, mostrou-se receptiva à minha abordagem pedagógica e isso me permitiu aplicar os conceitos do meu Produto Educacional com segurança e entusiasmo.

Durante as aulas pude perceber os olhares curiosos e ansiosos buscando desvendar os mistérios dos números e expressões matemáticas. Cada pequeno progresso alcançado por eles enchia meu coração de satisfação e renovava minha motivação para seguir. Os desafios encontrados foram imensuráveis, mas a persistência dos estudantes e o apoio inestimável do Professor Geraldo solidificaram meu propósito como educador. Ao compreender o nível de aprendizado de cada estudante, pude adaptar minhas estratégias pedagógicas para atender às necessidades individuais, proporcionando, assim, um ambiente de aprendizagem mais enriquecedor e inclusivo.

A seguir, temos os resultados e as discussões referentes a cada dia de aplicação do Produto Educacional.

5.1 Primeiro dia

No primeiro dia de aula com a turma procurei criar um ambiente acolhedor e descontraído para que todos se sentissem confortáveis e participassem. Como estudante de mestrado em uma aula de Física, fiquei entusiasmado em usar o Produto Educacional (APÊNDICE A) que desenvolvi durante minha pesquisa e que tinha como foco o ensino de movimentos vertical, horizontal e oblíquo.

Fui apresentado aos estudantes pelo professor Geraldo e a partir desse momento não houve mais interferência externa e pude focar apenas no processo de ensino e aprendizagem. Foi importante reduzir o número de variáveis no

processo para obter resultados mais claros e significativos. Inicialmente apresentei situações simples e introdutórias para despertar a curiosidade dos estudantes e dar-lhes uma ideia do que esperar durante o curso. Começamos abordando o movimento oblíquo, detalhando conceitos básicos e exemplos práticos, como disparar um projétil em ângulo. Após descrever o movimento oblíquo, voltamos ao movimento horizontal e enfatizamos suas características e relação com o movimento oblíquo. Os estudantes foram incentivados a participar ativamente e compartilhar suas impressões e experiências relacionadas ao assunto. Toda a aplicação do Produto Educacional foi feita seguindo a sequência de uma apresentação de slides (APÊNDICE B).

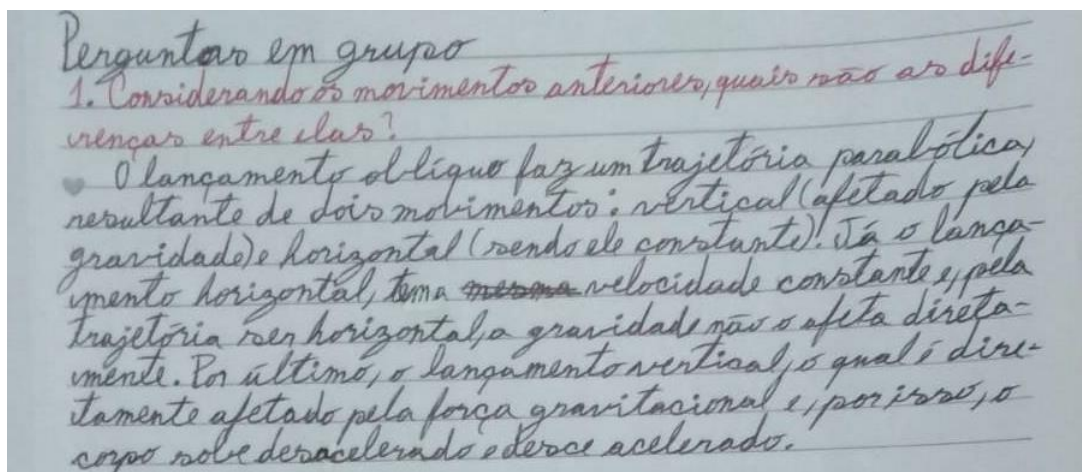
Encerrando a primeira aula, exploramos o movimento vertical observando o conceito de queda livre e como ele se relaciona com o movimento oblíquo em determinadas situações. Mais uma vez, incentivei os estudantes a partilharem as suas ideias e a pensarem em exemplos do dia a dia, nos quais estes conceitos pudessem ser aplicados. Ao final do encontro enviei três questões para serem respondidas em grupo e discutidas na próxima aula, com o objetivo de promover a interação e estimular a construção coletiva do conhecimento sobre o assunto.

Esse primeiro dia de aula foi marcado por uma troca rica de informações e pela participação entusiasmada dos estudantes. Observar as expressões de curiosidade e interesse nos rostos deles me deixou muito satisfeito, pois percebi que a abordagem escolhida estava se mostrando eficaz na promoção da aprendizagem.

5.2 Segundo dia

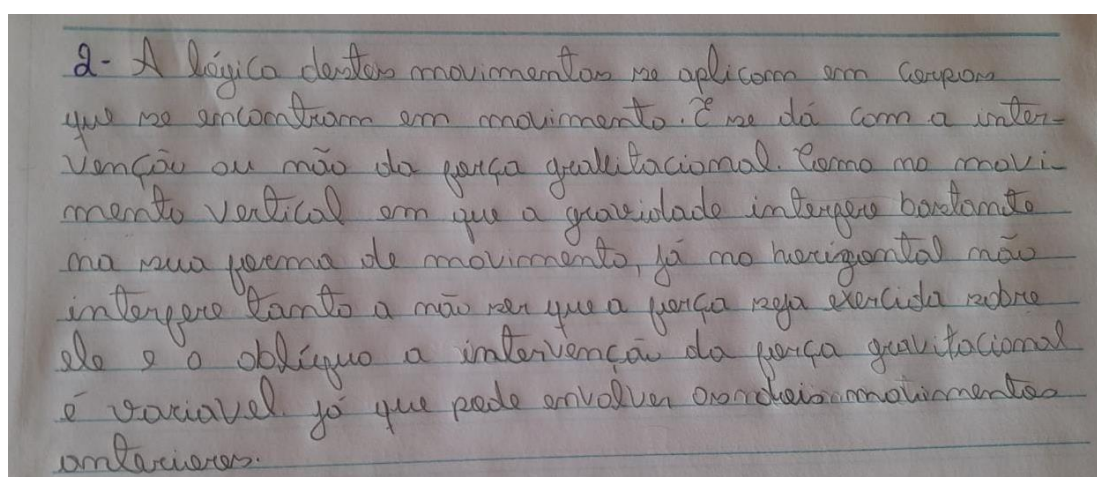
No segundo dia de aula retomamos nossas atividades e continuamos o processo de ensino e aprendizagem iniciado em nosso primeiro encontro. Começou com uma discussão em grupo sobre o questionário distribuído no final da última aula. Os estudantes puderam compartilhar respostas e discutir questões juntos para trocar ideias e tirar dúvidas. Este envolvimento dinâmico foi muito produtivo, pois não só fortaleceu o conteúdo do encontro anterior, mas também promoveu a cooperação e a interação entre os estudantes. Abaixo estão algumas respostas.

Figura 07 – Exemplo de resposta para a questão 1.



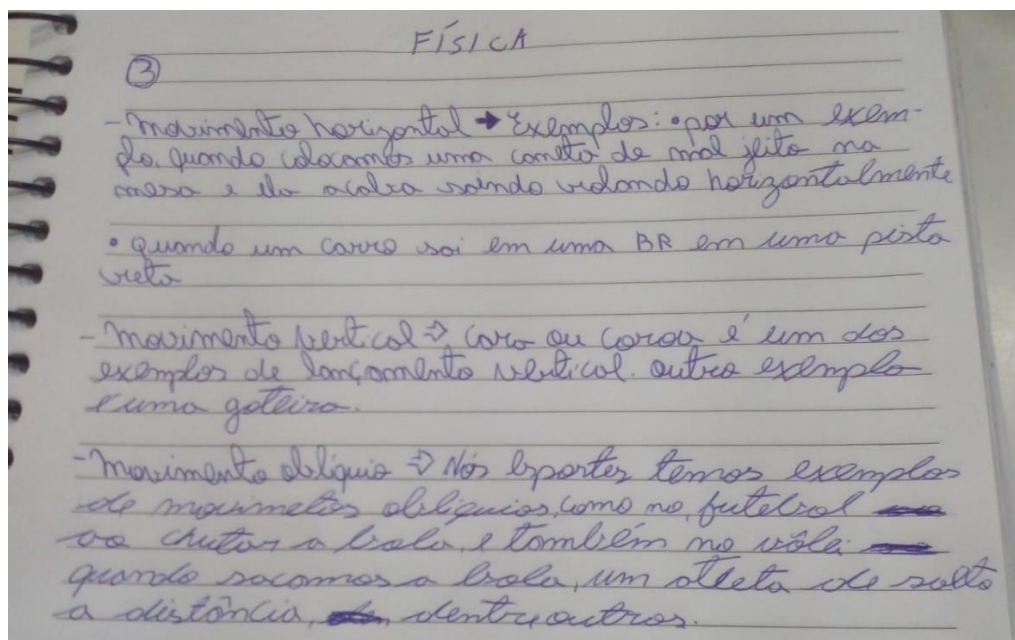
Fonte: arquivos do autor.

Figura 08 – Exemplo de resposta para a questão 2.



Fonte: arquivos do autor.

Figura 09 – Exemplo de resposta para a questão 3.



Fonte: arquivos do autor.

Após a discussão comecei a revisar os conceitos de movimento, vetores e um pouco de trigonometria, essenciais para o assunto que estávamos tratando. Foi importante reforçar estes princípios básicos para que os estudantes pudessem compreender melhor os movimentos verticais, horizontais e oblíquos.

Durante essa revisão abordei os conceitos básicos de cinemática, lembrando o que é posição, deslocamento, velocidade e aceleração. A cada etapa da revisão, mostrei alguns vídeos e encorajei os estudantes a fazerem perguntas e a tirarem suas dúvidas. Para tornar a revisão mais dinâmica, utilizamos exemplos práticos e situações cotidianas para ilustrar a aplicação dos conceitos teóricos. Isso também ajuda a mostrar a importância da Física na vida cotidiana.

Ao final da segunda aula, sugeri aos estudantes algumas atividades práticas e exercícios para colocar em prática os conceitos revisados. Além disso, pedi que pensassem em aplicar esses conceitos a problemas do mundo real, estimulando o pensamento crítico e analítico.

5.3 Terceiro dia

No terceiro dia de aula continuamos com nossa revisão sobre os conceitos fundamentais, visando consolidar o conhecimento necessário para prosseguir com o tema central da pesquisa.

Começamos a aula examinando vetores, propriedades e operações. Reforçamos a ideia de que vetores são grandezas que possuem módulo, direção e sentido. Também explicamos operações vetoriais como adição e subtração, enfatizando a importância desses conceitos na compreensão do comportamento bidimensional. Em seguida, abordamos a trigonometria básica lembrando as razões trigonométricas (seno, cosseno e tangente) e sua relação com triângulos retângulos. Esse estudo é importante porque a trigonometria desempenha um papel fundamental na análise de movimentos oblíquos, especialmente na determinação de componentes vetoriais e ângulos de lançamento.

Combinando todos os conceitos abordados, mostrei aos estudantes como combinar vetores e usar trigonometria para analisar completamente o movimento oblíquo. Explicamos que ao dividir o vetor velocidade inicial em componentes horizontais e verticais, o movimento em cada dimensão pode ser analisado separadamente, simplificando as soluções para problemas complexos. Para ilustrar esse processo, utilizei exemplos práticos e exercícios aplicados, desafiando os alunos a aplicarem os conceitos revisados para resolver problemas reais. Isso permitiu que eles praticassem e aprofundassem o entendimento da teoria.

Ao encerrar o terceiro dia de aula com uma sessão prática desafiadora, enfatizei a importância da prática e da dedicação no processo de aprendizagem. Acredito que a resolução de problemas é uma das melhores formas de aprimorar conhecimentos e desenvolver habilidades analíticas.

5.4 Quarto dia

No quarto dia de aula começamos a discutir o movimento oblíquo em si, e depois que os alunos foram atualizados com os conceitos básicos de vetores, trigonometria e movimento bidimensional, eles estavam prontos para explorar esse importante tópico com maior profundidade.

Primeiramente detalhamos as principais características do movimento oblíquo. Destacamos que este tipo de movimento combina uma componente horizontal constante com uma componente vertical afetada pela aceleração gravitacional. Também exploramos as trajetórias, incluindo as parabólicas na ausência de arrasto e de deriva. Mostrei que o formato da trajetória depende da velocidade inicial e do ângulo de lançamento, levando a uma discussão interessante sobre como a escolha do ângulo afeta o alcance e a altura máxima de um objeto. Na sequência enfatizei a aplicação prática dos movimentos oblíquos em diversas situações cotidianas e esportivas, como lançar projéteis, jogar futebol e basquete. Isso tornou o conteúdo mais relevante e tangível aos estudantes, facilitando a compreensão e a apreciação da Física que existe no cotidiano. Além disso, abordamos alguns conceitos importantes relacionados ao movimento oblíquo como tempo de voo, altura máxima, alcance horizontal e velocidade em diferentes pontos do percurso. Usando as simulações PhET como recurso tecnológico educacional, demonstrei como calcular essas quantidades usando expressões matemáticas apropriadas e como interpretar os resultados obtidos. Ao final da aula, sugeri uma atividade prática que deu aos estudantes a oportunidade de resolver problemas de movimento oblíquo. Isso lhes permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos e desenvolver habilidades para resolver tarefas difíceis.

Por fim, o quarto dia de aulas foi muito produtivo e pude perceber que os estudantes ficaram cada vez mais focados e motivados no aprendizado dos movimentos oblíquos. Também pude perceber, pelas interações e perguntas durante a aula, que o conteúdo foi bastante processado.

5.5 Quinto dia

No quinto dia de aula continuamos estudando os movimentos horizontais e verticais e acrescentamos os movimentos oblíquos discutidos anteriormente. Durante esta aula obtivemos uma melhor compreensão destes movimentos, de suas inter-relações e discutimos exemplos reais de movimentos horizontais, como o lançamento horizontal de um projétil a partir de uma altura.

Da mesma forma, exploramos o conceito de movimento vertical, no qual a aceleração gravitacional desempenha um papel importante na trajetória de um

objeto. A queda livre e a mudança na velocidade e altura ao longo do tempo foram discutidas em detalhes. Realizei experimentos virtuais com os movimentos horizontais e verticais utilizando o simulador PhET para tornar o aprendizado mais interativo e visual. O simulador permitiu aos estudantes observarem trajetórias e parâmetros de movimento em tempo real em diversas situações, facilitando a compreensão dos conceitos teóricos.

Após explorar os movimentos horizontais e verticais com a ajuda do simulador, retomamos nossa discussão sobre o movimento oblíquo, enfatizando como combinar elementos previamente estudados. Discutimos como a componente vertical do movimento é afetada pela gravidade enquanto o componente horizontal permanece constante, criando uma trajetória parabólica.

Para consolidar o que aprendemos, sugeri três tipos de exercícios de movimento (APÊNDICE C) para fazer em casa e discuti-los na nossa próxima aula. Esses exercícios permitiram aos estudantes aplicar conceitos teóricos revisados e observações feitas no simulador. Essa abordagem prática somada com a possibilidade de vivenciar virtualmente os conceitos discutidos tornou o conteúdo mais específico e aplicável.

5.6 Sexto dia

O sexto e último dia começou com uma discussão em grupo sobre os questionários da aula anterior. Este momento foi importante como forma de resumir os principais conceitos e temas abordados ao longo das aulas. Os estudantes puderam tirar dúvidas remanescentes e compartilhar reflexões sobre aquilo que aprenderam.

Após a revisão, realizamos a aplicação da avaliação final (APÊNDICE D), com o intuito de avaliar o desempenho dos alunos na compreensão dos conteúdos apresentados. A avaliação foi elaborada de forma a abranger os três tipos de movimentos estudados: horizontal, vertical e oblíquo. Durante a avaliação, os estudantes trabalharam bastante e aplicaram seus conhecimentos de forma satisfatória. O uso da avaliação foi uma forma de verificar o progresso deles ao longo das aulas e também proporcionou a oportunidade de testar habilidades na resolução de problemas relacionados aos comportamentos aprendidos.

Após a avaliação tivemos uma reflexão final sobre o processo de ensino e aprendizagem, destacando os principais pontos abordados no curso e sua relevância na Física e no uso cotidiano. Os estudantes tiveram a oportunidade de expressar suas opiniões e comentar o que mais gostaram, o que não gostaram e o que aprenderam. Trocamos experiências, ressaltando que a busca pelo conhecimento não terminava ali, mas é uma jornada contínua. Os incentivei a continuarem trabalhando com a Física e as Ciências em geral, sempre tentando compreender o mundo que os rodeia de forma crítica e exploratória. Finalizamos o trabalho em grupo e agradecemos a participação e envolvimento de todos ao longo do curso. Enfatizei como foi gratificante observar o progresso deles e ver suas habilidades melhorarem e seu interesse pela Física crescer.

Encerrei meu trabalho com a turma, não as lembranças e aprendizados que construímos juntos. Que cada estudante siga em sua caminhada com o desejo de aprender sempre mais e utilizar o conhecimento adquirido para tornar o mundo um lugar melhor. Que a paixão pela Física e pelo Conhecimento Científico seja uma crescente, de forma a inspirar descobertas e aprendizados ao longo de suas vidas.

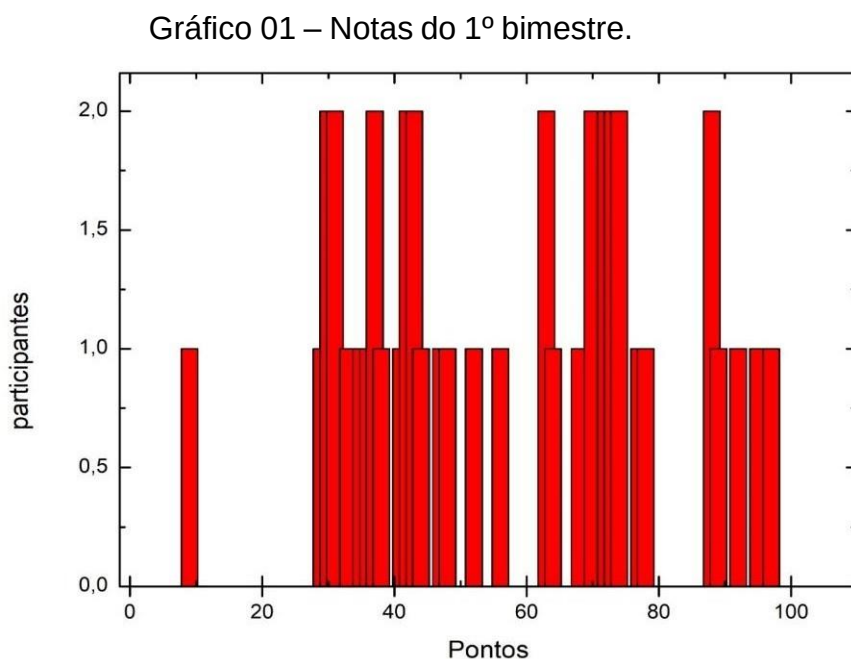
6 AVALIAÇÃO DA UEPS

Neste capítulo é apresentada uma avaliação da Unidade de Ensino de Potencialmente Significativa (UEPS) implementada durante o segundo bimestre, com foco no ensino de lançamentos verticais, horizontais e oblíquos, tendo o PhET como Recurso Tecnológico Educacional. A análise comparativa baseia-se nas notas obtidas pelos estudantes no primeiro bimestre, durante o qual as aulas tradicionais de Física foram ministradas pelo professor Geraldo. Além disso, também são considerados aspectos como interesse, compreensão conceitual e aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, destacando a conexão entre os lançamentos e a vida cotidiana dos estudantes.

6.1 Notas e Estatísticas Descritivas

6.1.1 Primeiro Bimestre (Aulas Tradicionais)

No primeiro bimestre, o desempenho dos estudantes nas aulas de Física Clássica foi sujeito a análise estatística. A Média foi 56,59 e a Dispersão representada por um Desvio Padrão de 25,91. A distribuição das notas apresentou grande Variação, indo de 0 até 97, com uma Mediana de 52. As informações foram retiradas do gráfico 01 abaixo.

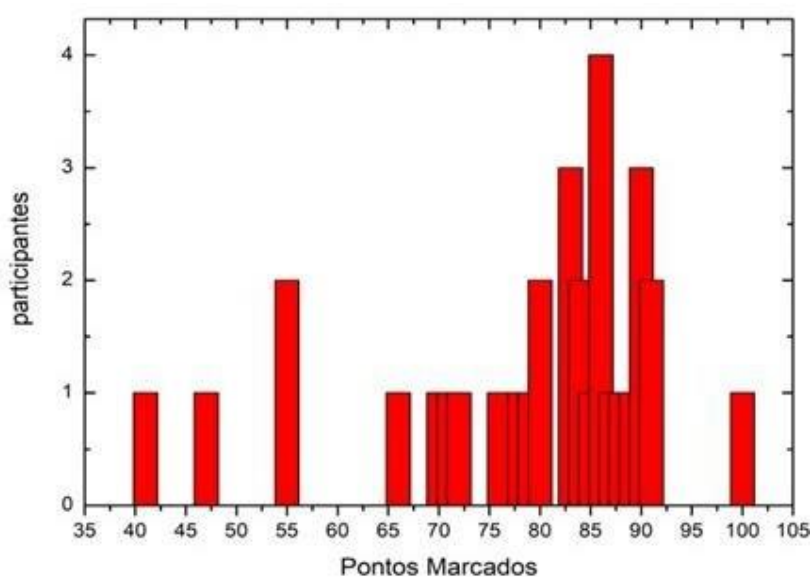


Fonte: Autor.

6.1.2 Segundo Bimestre (UEPS - Trabalho do Mestrado)

Com a implementação da UEPS, as notas dos estudantes tiveram Média de aproximadamente 79,37. Isso indica uma melhora no desempenho geral em relação ao primeiro bimestre. O valor da Mediana foi 81 com um Desvio Padrão de 15,29. Já a Variação ficou entre 41 e 100, indicando uma distribuição mais uniforme e consistentemente boa. As informações foram retiradas da Figura 02 abaixo.

Gráfico 02 – Notas do 2º bimestre.



Fonte: Autor.

6.2 Avaliação Comparativa

A Média do segundo bimestre (79,37) é superior à Média do primeiro (56,59), o que indica melhor desempenho geral dos estudantes com a implementação da UEPS. A Mediana do segundo bimestre também foi superior (81) à Mediana do primeiro (52), o que indica que a distribuição das notas no segundo bimestre foi mais uniforme. As pontuações Média e Mediana são maiores para o segundo bimestre, o que indica melhor compreensão dos conceitos abordados.

Já o Desvio Padrão do segundo bimestre (15,29) é menor que o Desvio Padrão do primeiro (25,91), talvez devido à aplicação mais consistente da UEPS, resultando em menor dispersão no desempenho. Além disso, a menor dispersão

das notas no segundo bimestre sugere que a UEPS facilitou uma compreensão mais consistente e nivelada dos lançamentos vertical, horizontal e oblíquo.

Assim, comparando as estatísticas dos dois bimestres, percebemos que a implementação da UEPS, no segundo bimestre, levou a uma melhoria no desempenho acadêmico geral dos estudantes.

6.3 Interesse dos Estudantes e Compreensão Conceitual

Além da análise estatística das notas, a participação dos estudantes durante a implementação da UEPS foi considerada muito boa. A interatividade e a abordagem prática que as simulações PhET fornecem incentivaram a participação ativa. Os estudantes se envolveram nas atividades oferecidas, exploraram conceitos de forma mais dinâmica e passaram a fazer conexões entre aquilo que eles estudam e suas experiências cotidianas.

6.4 Aplicação Prática e Relevância para o Cotidiano

A abordagem da UEPS combinada com o uso das simulações do PhET utilizadas como Recurso Tecnológico Educacional, permitiu que os estudantes visualizassem e compreendessem os fenômenos físicos de maneira mais concreta. Eles começaram a reconhecer e aplicar estes conceitos em contextos do cotidiano, enriquecendo a sua compreensão e aumentando seu apreço pela Física. Assim, podemos afirmar que a UEPS não só melhorou o desempenho acadêmico dos estudantes, como os incentivou a relacionar os conceitos de lançamentos vertical, horizontal e oblíquo com situações do cotidiano.

6.5 Conclusão

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa demonstrou ser uma abordagem eficaz no ensino dos lançamentos. Ela não apenas promoveu um melhor desempenho acadêmico geral, em comparação com os cursos tradicionais de Física Clássica, como também estimulou o interesse, promoveu uma compreensão conceitual mais profunda e melhorou a aplicação prática do conhecimento no dia a dia dos estudantes. Assim, podemos afirmar que a UEPS é uma estratégia pedagógica valiosa no processo de ensino e aprendizagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa esteve alinhada ao objetivo do MNPEF de promover a criação de Produtos Educacionais para o ensino de Física e acreditamos que ela cumpriu com sucesso sua missão. Os materiais didáticos desenvolvidos mostraram-se eficazes e poderão contribuir significativamente para o ensino de Física.

É importante ressaltar que a avaliação da eficácia de um produto não se limita aos métodos tradicionais de simplesmente analisar a capacidade dos estudantes em resolver problemas práticos. Utilizamos diversas fontes, tais como: levantamentos, observação da participação nas aulas, discussão e execução de atividades, sendo a avaliação contínua considerada essencial para uma análise completa e precisa. Ao final do processo, observou-se que os estudantes conseguiram construir suas respostas com suas próprias palavras, o que ficou evidente no momento de sua participação ativa. Além disso, o fato de terem criado suas próprias perguntas mostra que seu aprendizado não foi apenas significativo, mas também crítico. A maior parte dos estudantes foi capaz de conectar novos conhecimentos a fundamentos anteriores e demonstrou uma Aprendizagem Significativa. Assim, queremos enfatizar a importância de os professores conectarem os conceitos ensinados ao dia a dia dos estudantes. Essa conexão essencial aumenta o interesse, pois eles percebem que aquilo estão aprendendo é diretamente aplicável às suas vidas. Essa consciência transforma o conhecimento em objeto de interesse para promover uma Aprendizagem Significativa.

Outro fator importante que facilitou o avanço do processo educacional foram os métodos e tecnologias utilizadas. O uso de apresentações de slides, vídeos instrutivos, imagens e animações foi extremamente valioso. A introdução da animação foi particularmente valiosa, mesmo para os estudantes que não estavam interessados nos temas abordados. Isto realça o potencial destas ferramentas para tornar o ensino das Ciências, especialmente o ensino da Física, mais eficaz.

O objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver um Produto Educacional voltado ao ensino de Física utilizando situações-problema do cotidiano, o qual foi plenamente alcançado. O Produto Educacional desenvolvido consistiu em uma série de aulas seguindo a abordagem da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com o tema lançamentos. A avaliação foi realizada através de uma combinação de análises qualitativas e quantitativas, utilizando questionários pré e pós-implementação, bem como a observação contínua durante o processo.

Como resultado de todo o trabalho realizado, acreditamos que os materiais desenvolvidos neste estudo serão de grande valia para professores de Física que tenham interesse em aplicá-los em suas salas de aula. Cabe ao professor adaptá-lo às suas necessidades e da turma. Assim, é importante ressaltar que bons professores compreendem as diferenças individuais dos alunos, das turmas e das escolas. Ter flexibilidade nos métodos de ensino é essencial para uma aprendizagem bem sucedida e permite adaptar sua estratégia de ensino para atender às necessidades específicas de seus alunos.

REFERÊNCIAS

Bybee, R.W. (1995). Achieving Scientific Literacy, *The Science Teacher*, v.62, n.7, 28-33.

Bybee, R.W. e DeBoer, G.E. (1994). Research on Goals for the Science Curriculum, In: Gabel, D.L.(ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*, New York, McMillan.

WIEMAN C. E.; ADAMS W.K.; PERKINS K.K. "PhET: Simulations That Enhance Learning", *Science*, v.322, p683, 2008.

Moreira, M.A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3): 193-132.

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

Moreira, M. A. (2000). *Aprendizagem significativa crítica*. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, pp 33-45., com o título original de *Aprendizagem significativa subversiva*.

Moreira, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1).
<http://www.if.ufrgs.br/ienci>

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa-PT, Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P. *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Gruneand Stratton, 1963.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas*. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2013. Disponível em: http://www.cid.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>

NOVAK, J. D. *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as*

facilitative tools in schools and corporations. Journal of e-Learning and Knowledge Society, v. 6, n. 3, p.21-30, 2010. Disponível em: http://www.proiac.uff.br/sites/default/files/documentos/novak_j.d.pdf

BRAGA, A. S.; Killner, G. I.; ARAUJO, F. G. O uso de simuladores computacionais como recurso didático nas aulas de física: antes ou depois? In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/programa/trabalhos.asp?sesId=87#>

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Nº 9.394/96. Brasília, DF, 20 dez. 1996. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br>

MORAN, José Manuel. Ensino e Aprendizagem Inovadores com tecnologias. In: Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre, vol. 3, n.1 (set. 2000) UFRGS. Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, pág. 137-144. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/6474>

Chaves EOC. O Uso de Computadores em Escolas: Fundamentos e Críticas [internet]. São Paulo: Scipione; 1988. Disponível em http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1/local/ec_scipione.htm

SCHNEIDER, Wanderson Pereira. Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional. 2017.91 f. Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

SCHWEDER, Sabine. Uso de simuladores em atividades de laboratório de Física Moderna: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância. 2015. 138 f. Dissertação (mestrado)

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2015.

APÊNDICES

PRODUTO EDUCACIONAL PARA O MNPEF

Wanderson Henrique da Silva

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNICATIVA (UEPS) PARA
ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL
E OBLÍQUO UTILIZANDO O PhET SIMULAÇÕES
COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL**

Wanderson Henrique da Silva

**PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA
ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E
OBLÍQUO UTILIZANDO O PHET SIMULAÇÕES COMO
RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL**

Este Produto Educacional é parte integrante da dissertação: Proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para ensinar lançamento vertical, horizontal e oblíquo utilizando o PHET Simulações como Recurso Tecnológico Educacional, a qual foi desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN/Campus Natal Central, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Antonio Marques dos Santos

Natal/RN
2023

APRESENTAÇÃO

Este material consiste em um conjunto de instruções em forma de sugestões de atividades para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa(UEPS) utilizando o software de simulação interativa PhET (Physics Education Technology) como Recurso Tecnológico Educacional em sala de aula para os conteúdos de Física do ensino médio (lançamentos horizontal, vertical e oblíquo).

Deixamos claro que este produto não é um manual de software, mas um guia com orientações para a prática didática, direcionado a professores de Física e acreditamos que terá um papel coadjuvante em sala de aula. Cada pessoa é incentivada, à sua maneira, a lidar com o software e a desenvolver adaptações de acordo com suas necessidades. Também se destina a auxiliar, e não substituir, os livros didáticos aceitos pelos professores. Estudantes experientes podem facilmente mergulhar nas aulas fornecidas e aprender como o software funciona, pois não exigem conhecimentos profundos de programação ou o uso de funções matemáticas complexas.

O software é distribuído gratuitamente e pode ser executado em computadores com Windows ou em Smartphones, desde que os mesmos tenham os requisitos mínimos necessários.

Sumário

1 Introdução	5
2 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas	5
3 Movimento oblíquo	12
3.1 Por que esse movimento é simples?	13
3.2 O problema geral	14
3.3 Equações básicas do movimento.....	15
3.4 Trajetória do projétil	17
3.5 Altura máxima	17
3.6 Tempo de queda ou tempo de voo	18
3.7 Alcance do projétil	19
3.8 Caso particular do lançamento de projéteis	20
3.8.1 Para o tempo	20
3.8.2 Para a altura máxima	20
3.8.3 Alcance	20
3.9 Lançamento de projéteis com resistência do ar	21
4 O Phet interactive simulations	23
4.1 Formas variadas de utilização do Phet como ferramenta educacional.....	25
4.2 O simulador lançamento de projéteis	26
4.3 Funcionalidades do simulador lançamento de projéteis	30
4.3.1 Simplificações do modelo	32
4.3.2 Controles complexos	33
4.3.3 Percepções de uso pelos alunos	34
4.3.4 Exemplos de proposta de desafios	34

4.4	Avaliação do software	35
	Referências	36

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem significativa é o processo pelo qual novos conhecimentos são organizados na estrutura cognitiva de cada indivíduo. Essa teoria da aprendizagem começou na década de 1960 com o trabalho do psicólogo americano David Paul Ausubel e se concentrou em mostrar como os estudantes conectam conceitos em estruturas cognitivas. Segundo Ausubel (2003), para que o conteúdo tenha significado, é importante relacionar novas informações a um corpo de conhecimento existente na estrutura cognitiva do indivíduo, denominado subsunçor. As teorias de aprendizagem significativa caracterizam-se, assim, pela interação de conhecimentos existentes e novos por meio de processos específicos que irão determinar os eventos e significados associados à aprendizagem (AUSUBEL, 2003) e (MOREIRA, 2006).

Novak (2010) explora como traduzir este processo cognitivo em prática educacional concreta, descrevendo o desenvolvimento de recursos de apoio e materiais de ensino potencialmente importantes como elementos fundamentais.

2 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

A Unidade de Ensino com Potencial Significativo (UEPS) foi proposta por Marco Antônio Moreira (2011) para desenvolver métodos de ensino voltados para a aprendizagem significativa. A pesquisa da UEPS é derivada das Teorias de Aquisição e Retenção do Conhecimento e Aprendizagem Significativa de Ausubel.

A UEPS se apresenta como um recurso que promove a aprendizagem significativa ao estruturar o processo de aprendizagem em uma sequência didática com etapas de desenvolvimento. Essa sequência didática possui diretrizes lógicas e metodológicas para o desenvolvimento de práticas educativas que possam promover a aprendizagem significativa ao vincular significado ao que se aprende.

A proposta da UEPS de Moreira (2011) é composta por oito etapas sequenciais resumidas na Tabela 01.

Tabela 01: Etapas de uma UEPS

Aspectos sequenciais da UEPS	
ETAPA 01	Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.
ETAPA 02	Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.
ETAPA 03	Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.
ETAPA 04	Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).
ETAPA 05	Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados.
ETAPA 06	Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.
ETAPA 07	Avaliação processual e formativa da aprendizagem.
ETAPA 08	Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.

Fonte: adaptação de Moreira (2011)

As etapas descritas representam importantes processos de aprendizado significativo, como a modificação de subsunçores, ancoragem, diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Os três primeiros níveis da UEPS enfocam o problema da organização do conhecimento a ser aprendido. Aqui, o professor identifica elementos que já existem na estrutura cognitiva do estudante ou utiliza informações desenvolvidas por configuradores anteriores para construir pontes de ancoragem. Segundo Ausubel (2003), o fator de maior influência na aprendizagem é o que os estudantes já sabem, por isso é importante preservar o contexto anterior para que ocorra um processo de aprendizagem significativa.

Moreira (2011, p. 3) define esta etapa inicial como “fornecer as bases para a implementação do conhecimento que se pretende ensinar”, pois deve estar ligada à colocação de situações de aprendizagem menos complexas em relação ao objeto de estudo. Segundo Moreira (2011), os conceitos mais importantes da UEPS são:

Aprendizagem significativa: Aprendizagem que fornece algum significado para o estudante. Para que um novo conhecimento tenha significado, ele deve estar relacionado ao conhecimento anterior, de forma não literal e deve permitir que os estudantes formem novas relações com outros conhecimentos. A aprendizagem só tem sentido quando faz parte da vida de uma pessoa, caso contrário, é apenas uma forma de conhecimento, sem sentido e será esquecida.

Aprendizagem significativa crítica: Aprendizagem que permite a um sujeito ser tanto parte de sua cultura quanto estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. Poderá, assim, lidar construtivamente com a mudança sem se deixar dominar por ela. É por meio dela que poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças. (Moreira, 2005).

Aprendizagem mecânica: Esta é uma forma de aprendizagem irracional. O aprendizado de máquina é geralmente associado a métodos de ensino tradicionais nos quais os estudantes aprendem com a única intenção de memorizar novos conhecimentos sem conectá-los aos conhecimentos anteriores para dar-lhes significado.

Atividade colaborativa: Um tipo de atividade que conta com a cooperação de pequenos grupos (2-4 pessoas). Você pode realizar diferentes tipos de atividades, como listas de exercícios, mapas conceituais e conduzir experimentos. Ao final da atividade o grupo apresenta os resultados aos demais estudantes.

Avaliação Formativa: Tipo de avaliação do processo formativo do estudante. A ideia é julgar não apenas com base nos acertos e erros, mas também com base no processo como um todo. Essa avaliação é realizada de forma contínua, observando todo o processo de aprendizagem, desde o primeiro até o último encontro.

Avaliação Somativa: Aqui, o objetivo é avaliar cada etapa do processo de aprendizagem do estudante. Métodos simples como exercícios, apresentações orais, textos curtos ou avaliações finais são comumente usados.

Conhecimento prévio: É a base para o novo conhecimento, um conceito que já existe na estrutura cognitiva dos estudantes sobre um assunto ou tópico. É impensável que um estudante venha para a escola sem nenhum conhecimento,

como se fosse “HD em branco”. Cabe ao professor identificar esse conhecimento existente e saber aproveitá-lo da melhor forma possível.

Diferenciação progressiva: Um novo conceito é apresentado na forma de uma situação-problema, e ao final do processo há uma explicação real desse novo conhecimento. Nesse intervalo, ocorre a diferenciação gradativa e novos conhecimentos são apresentados no início do processo, momento em que os conceitos são distintos dos conhecimentos anteriores na bagagem cognitiva do estudante.

Organizadores prévios: São conceitos que o estudante deve ter antes de o professor explicar o novo conhecimento. Por exemplo, para que se possa ensinar como resolver uma equação de segundo grau é necessário que antes o estudante saiba de alguns conceitos matemáticos importantes, tais como soma, subtração, divisão, multiplicação, radiciação, equação de primeiro grau etc. É importante mostrar ao estudante que conceitos são estes, como eles são importantes e, também, como vão fazer parte do novo conhecimento. Assim, são conceitos que devem ser apresentados aos alunos antes de chegar com o novo conhecimento.

Reconciliação integradora: É um momento de conciliar conhecimentos antigos e novos. Essas adaptações são necessárias para que possa existir a integração de novos conhecimentos com os conhecimentos que o estudante já tem. Aqui, o professor deve apontar todas as possíveis semelhanças e diferenças, a fim de fazer uma “conexão” com o conhecimento existente.

PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ENSINAR LANÇAMENTOS VERTICAL, HORIZONTAL E OBLÍQUO UTILIZANDO O PHET SIMULAÇÕES COMO RECURSO TECNOLÓGICO EDUCACIONAL

Objetivo: Promover a aprendizagem de conceitos relacionados aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo em escolas secundárias.

Sequência:

1. Situação inicial

O professor deverá sugerir uma discussão sobre o lançamento oblíquo. Seu objetivo é avaliar o conhecimento prévio do estudante sobre o assunto. Feito isso, continue sua discussão sobre lançamentos horizontais e verticais para mostrar suas diferenças e o efeito da aceleração gravitacional sobre os movimentos. O professor tem a responsabilidade direta de facilitar essa discussão e pode apresentar vídeos e exemplos relevantes. Instigue os estudantes a externarem suas impressões sobre o que é o movimento em duas dimensões e cite exemplos de algumas situações que, para eles, são caracterizadas como lançamento oblíquo. Peça para que respondam como lançar um objeto o mais longe possível. Anote os exemplos dados para posterior análise. Esta primeira abordagem requer 1 (uma) aula.

2. Situação-problema inicial

- a) Considerando os movimentos anteriores, quais são as diferenças entre eles?
- b) Qual é a lógica destes movimentos e a quem se atribui?
- c) Como você pode aplicar os movimentos acima em sua vida diária? Cite alguns exemplos.

Todas estas questões devem ser discutidas em grandes grupos, mediados pelo professor. O professor deve ouvir o grupo e despertar a curiosidade sobre o assunto sem chegar a uma resposta definitiva. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

3. Verificação

O professor deve relembrar alguns tópicos que são pré-requisitos para a compreensão do assunto, tais como o movimento uniforme (M.U), o movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria. Também devem ser feitos alguns exemplos simples sobre esses tópicos com seus estudantes para que os mesmos possam entender melhor como esses conceitos são usados. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

4. Organizador prévio

Deverá ser exibido um vídeo para cada questão, para que os estudantes possam refletir sobre o tema abordado. Em seguida, estimule uma discussão para verificar se os temas identificados por eles estão de acordo com os conceitos discutidos na aula anterior para resolver a situação proposta. Em seguida, inicie novas discussões sobre os temas levantados anteriormente e organize os conceitos envolvidos em cada discussão. Essa abordagem requer 1 (uma) aula.

5. Aula expositiva dialogada integradora final

O professor deve fazer a exposição do conteúdo sobre o tema proposto de uma forma geral. Realizar esta exposição final por meio de uma apresentação de slides, composta de gráficos, animações e/ou vídeos. Devemos trabalhar os conceitos de decomposição da velocidade nos eixos x e y , a diferença entre os movimentos, as funções horárias para o movimento uniforme, movimento uniformemente variado e alguns exercícios como exemplos. Concluir a aula mostrando aos estudantes a resposta para cada questão que foi proposta anteriormente. Para essa etapa serão necessárias 2 (duas) aulas.

6. Avaliação individual do estudante

As avaliações individuais são realizadas com perguntas abertas, as quais devem cobrir os conceitos da unidade. Esta atividade requer 1 (uma) aula.

7. Aula final e avaliação da UEPS em sala de aula

O professor fará a avaliação da UEPS através da análise das estratégias de ensino utilizadas e das respostas às questões colocadas nas avaliações individuais de aprendizagem e nas avaliações orais, podendo as respostas dos estudantes serem gravadas em formato áudio, mediante consentimento. Ao final será fornecida uma explicação de fechamento consolidando os tópicos abordados. Essa atividade requer 1 (uma) aula.

8. Avaliação da UEPS

Por fim, o professor realiza uma análise qualitativa com base no que acredita ser o conceito de unidade de aprendizagem mais relevante na avaliação presencial da UEPS, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos estudantes no último encontro.

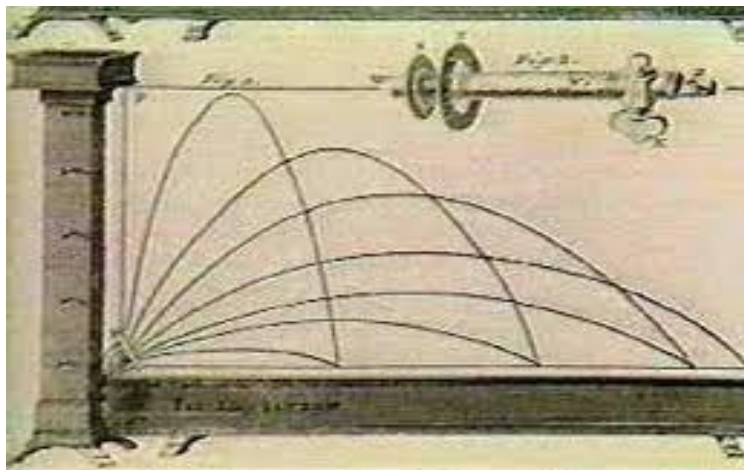
3 MOVIMENTO OBLÍQUO

Galileu fez grandes progressos na compreensão do movimento dos objetos, desde que viajassem curtas distâncias sobre a superfície da Terra. Esse movimento é chamado de movimento de projétil, movimento oblíquo ou simplesmente movimento balístico. Sob certas condições, a força gravitacional exercida pela Terra sobre estes é mais ou menos constante.

Em seu já famoso livro *Discourse on Two New Sciences*, Galileu estudou o movimento de projéteis e entendeu os pontos mais relevantes. Ele realizou um estudo abrangente desse movimento e encontrou quatro aspectos importantes para destacar em sua pesquisa:

- (I) O movimento ocorre no plano vertical;
- (II) O movimento pode ser dividido em dois movimentos independentes: movimento uniforme ao longo do plano horizontal e movimento uniformemente variado ao longo do plano vertical;
- (III) A trajetória é uma parábola ou parte de uma parábola;
- (IV) Os itens (I) e (II) se aplicam, a menos que a resistência do ar seja levada em consideração. Então, estamos lidando com estimativas.

Figura 03 – Esboço das parabólicas de Galileu.



Fonte: Física interessante.

Galileu refutou a ideia de Aristóteles e forneceu uma explicação para o movimento dos projéteis com base em fatores externos que os impulsionam em direção ao centro da Terra, e qualquer que fosse o mecanismo, seria simples.

3.1 Por que este movimento é simples?

A razão pela qual você pode pensar no movimento dos projéteis como sendo simples é por causa da gravidade. Esta força não muda muito, desde que o movimento dos objetos na superfície da Terra seja limitado a pequenas alturas. Essa situação pode ser determinada com mais precisão dizendo que a altura máxima que atingem (h) é muito menor que o raio da terra (R_T). Em outras palavras:

$$h \ll R_T \quad (3.1)$$

Nessas circunstâncias a força gravitacional não varia muito e, portanto, dentro de uma boa aproximação, podemos considerar a força gravitacional como constante. Para entendermos isso, suponhamos que o projétil tenha massa m e que a massa da terra seja M_T . De acordo com a lei da gravitação de Newton a terra exercerá, para um objeto localizado a uma distância r , uma força cujo módulo é dado por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{r^2} \quad (3.2)$$

Para um ponto a uma altura h contada a partir da superfície da terra, e nas circunstâncias definidas pela expressão 3.1, podemos escrever, dentro de uma boa aproximação:

$$F_g = \frac{GmM_T}{(h+R_T)^2} = \frac{GmM_T}{(h^2+2hR_T+R_T^2)} = \frac{GmM_T}{R_T^2} - 2 \frac{h}{R_T} \frac{GmM_T}{R_T^2} \quad (3.3)$$

Assim, a força que a terra exerce nas circunstâncias apontadas em 3.1 é aproximadamente constante e dada por:

$$F_g = \frac{GmM_T}{R_T^2} = mg \quad (3.4)$$

Onde g é a aceleração da gravidade, a qual é dada pela expressão:

$$\boxed{g \equiv \frac{GM_T}{R_T^2}} \quad (3.5)$$

3.2 O problema geral

Ao tratarmos do movimento de projéteis, consideraremos a superfície da terra plana. Consideremos um sistema cartesiano de tal forma que o eixo x seja paralelo ao solo e o eixo y seja ortogonal ao mesmo.

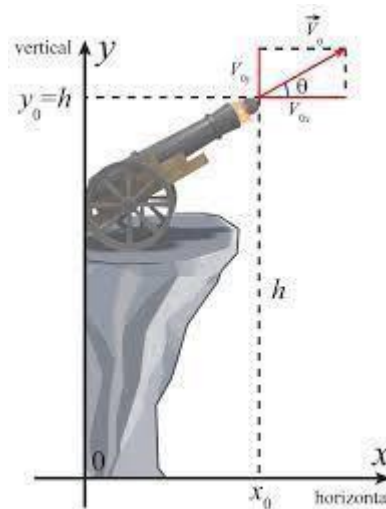
Consideremos que um projétil seja lançado de um ponto em um certo instante de tempo (uma bala de canhão, por exemplo). Seja tal instante de tempo dado por $t = t_0$ e sejam (x_0, y_0) as coordenadas cartesianas do ponto de lançamento do projétil. Vamos admitir que ele seja lançado com uma velocidade inicial tal que o vetor velocidade inicial é dado por:

$$\vec{v}_0 \equiv \mathbf{v}(t_0) = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j} \quad (3.6)$$

Suponhamos ainda que ele seja lançado de uma altura h . Esta é a altura de lançamento. Assim, o ponto de lançamento do projétil tem coordenadas cartesianas representadas por:

$$(x_0, y_0) = (x_0, h) \quad (3.7)$$

Figura 04 – Coordenada inicial do projétil.



Fonte: mídia USP.

Os dados resumidos pelas expressões 3.6 e 3.7 especificam as condições iniciais do movimento e, por meio delas, sabemos tudo sobre como o movimento se inicia.

Quase sempre especificamos as condições iniciais do movimento a partir do

módulo da velocidade inicial v_0 e do ângulo θ_0 , definido como o ângulo formado pelo vetor velocidade com a horizontal (eixo x). Este ângulo é conhecido como ângulo de tiro.

Assim, uma outra forma de especificar as condições iniciais, em relação a velocidade, é por meio das grandezas (v_0, θ_0) . As componentes do vetor velocidade inicial são relacionadas com estas últimas, por meio das relações:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (3.8)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 \quad (3.9)$$

Veremos que é possível, por meio dos dados já fornecidos, as condições iniciais, prever a posição da partícula, bem como prever sua velocidade para qualquer instante de tempo.

Seja t_q o instante de tempo no qual ocorre a queda do projétil, o tempo de voo t_v é definido como o tempo no qual ele esteve viajando. É dado pela diferença entre os instantes de tempo de queda e do lançamento:

$$t_v = t_q - t_0 \quad (3.10)$$

Depois de decorrido um instante de tempo desde o lançamento, o projétil atinge uma altura máxima a partir da qual tem início o seu movimento de queda.

Durante o tempo de percurso ou tempo de voo, o projétil percorre uma distância horizontal conhecida como alcance (A).

3.3 Equações básicas do movimento

Levando-se em consideração que a gravidade aponta sempre para o centro da terra, desprezando a força de resistência do ar e tendo em vista a escolha do referencial, a expressão para a força agindo sobre o projétil é dada por:

$$\vec{F} = -(mg)\hat{j} \quad (3.11)$$

O movimento do projétil pode ser estudado como a composição de dois movimentos, um na direção do eixo y e outro na direção do eixo x. Como não existe aceleração na direção do eixo x, dizemos que o movimento é uniforme neste eixo e

escrevemos:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.12)$$

onde x_0 é a coordenada inicial (no tempo $t = t_0$) e v_{0x} é a componente da velocidade inicial ao longo do eixo x. A componente da velocidade no eixo x é constante e dada por:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.13)$$

Ao longo do eixo y a aceleração é constante e dada pela aceleração da gravidade. O movimento no eixo y é, portanto, uniformemente variado e, para a orientação de eixos considerada, escrevemos para a componente da velocidade a expressão:

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.14)$$

onde v_{0y} é a componente vertical da velocidade inicial.

Para definirmos a posição em um instante qualquer de tempo, basta determinarmos cada uma das variáveis x e y. Estas coordenadas, por sua vez, são dadas para um tempo, a partir do lançamento, pelas expressões:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_q - t_0) \quad (3.15)$$

$$y = h + v_{0y}(t_q - t_0) - \frac{g}{2}(t_q - t_0)^2 \quad (3.16)$$

Para as componentes da velocidade basta que façamos, a qualquer tempo, a derivada das expressões acima. Assim teremos:

$$v_x = v_{0x} \quad (3.17)$$

$$v_y = v_{0y} - g(t_q - t_0) \quad (3.18)$$

As equações anteriores são chamadas de equações básicas do movimento dos projéteis. A partir delas, podemos obter todas as informações sobre o movimento, ou seja, dadas a posição inicial (x_0, h) e a velocidade inicial, determinada a partir das componentes (v_{0x}, v_{0y}) , podemos determinar a posição e a velocidade do projétil em qualquer instante depois do lançamento.

3.4 Trajetória do projétil

Determinemos agora a trajetória da partícula. Para tal, escrevemos o tempo como sendo dependente da coordenada x , como a seguir:

$$x = x_0 + v_{0x} (t - t_0) \Rightarrow t - t_0 = \frac{x - x_0}{v_{0x}} \quad (3.19)$$

substituindo a expressão acima em 3.16 encontramos a equação da trajetória:

$$y = h + v_{0y} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right)^2 \quad (3.20)$$

Pode-se facilmente verificar que esta equação descreve uma trajetória cuja curva a ela associada é uma parábola.

3.5 Altura máxima (h_{max})

A partir de agora, admitiremos que os tempos serão contados a partir do instante do lançamento, ou seja, faremos para simplificar, $t_0 = 0$.

Como é sabido, todo projétil retorna para a superfície da terra depois de algum tempo. Assim, ele sobe até atingir uma altura máxima e retorna, ou seja, naquele ponto sua velocidade na direção vertical é nula. Dessa forma, o ponto no qual ele para no ar, olhando apenas o movimento na vertical, pode ser determinado a partir da condição de que se anula a componente vertical da velocidade no instante de tempo t_m :

$$v_y(t_m) = 0 \quad (3.21)$$

Esta equação nos permite determinar o instante de tempo (t_m) no qual o objeto atinge a altura máxima (h_{max}). Utilizando a expressão 3.18, esse instante é dado por:

$$v_y(t_m) = v_{0y} - gt \Rightarrow 0 = v_{0y} - gt_m \Rightarrow t_m = \frac{v_{0y}}{g} \quad (3.22)$$

Neste instante, as coordenadas do projétil, fazendo uso das expressões 3.15 e 3.16, são dadas pelas expressões:

$$x(t_m) = x_{h_{max}} = x_0 + v_{0x} \cdot \frac{t_m}{g} = x_0 + \frac{v_{0x}v_{0y}}{g} \quad (3.23)$$

$$y(t_m) \equiv h_{max} = h + v_{0y} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{v_{0y}}{g} \right)^2 = h + \frac{(v_{0y})^2}{2g} \quad (3.24)$$

Estas expressões podem ser escritas ainda, em termos das condições iniciais (módulo da velocidade inicial e ângulo de tiro), como:

$$x_{h_{max}} = x_0 + \frac{(v_0)^2}{g} \sin \theta \cos \theta \quad (3.25)$$

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \quad (3.26)$$

A altura máxima é dada, portanto, como um acréscimo da altura lançada, cujo valor depende do módulo da velocidade inicial e da sua direção. Para atingirmos a altura máxima, mantida a mesma velocidade inicial em módulo, devemos atirar o objeto para cima (ângulo de tiro $\theta = \frac{\pi}{2}$). No entanto, nesse caso, o alcance na horizontal será nulo.

3.6 Tempo de queda ou tempo de voo

Todo projétil cai depois de decorrido um intervalo de tempo designado por tempo de voo (3.10), que é o tempo de duração da viagem do projétil. Para a escolha de referencial aqui utilizado, o tempo de voo é determinado a partir da condição:

$$y(t_v) = 0, \quad (3.27)$$

ou seja, nesse momento a coordenada y do projétil é nula, indicando que ele teria atingido o solo naquele exato instante. A condição acima nos leva a uma função do segundo grau para a determinação do tempo de voo. Esta função, fazendo $t_0 = 0$ em 3.16 é a seguinte:

$$y(t_v) = h + v_{0y}t_v - \frac{g}{2}t_v^2 \Rightarrow -\frac{g}{2}t_v^2 + v_{0y}t_v + h = 0 \quad (3.28)$$

A única solução aceitável para a equação acima, uma vez que esse tempo deve ser necessariamente positivo, é:

$$t = \frac{1}{g} [v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$v = g(0y) = 0y$$

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.29)$$

3.7 Alcance do projétil

Quando o projétil atinge o solo, suas coordenadas são dadas por:

$$x(t_v) = x_0 + v_{0x} t_v \quad (3.30)$$

$$y(t_v) = 0 \quad (3.31)$$

Assim, o valor da coordenada x no instante em que ele atinge o solo, levando-se em conta a expressão para o tempo de voo em 3.27, é dado por:

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_{0x}}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow$$

$$x(t_v) = x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.32)$$

Denomina-se alcance do projétil (A), a diferença de coordenadas associada ao ponto de saída e seu ponto de chegada ao solo:

$$A \equiv x(t_v) - x_0 \quad (3.33)$$

Levando em consideração a equação anterior, determinamos a dependência do alcance com a altura da qual lançamos o projétil, o módulo da velocidade inicial e o ângulo de tiro. Assim, o alcance é dado por:

$$A \equiv x_0 + \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] - x_0 \Rightarrow$$

$$A \equiv \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \quad (3.34)$$

Ao atingir o solo, o projétil tem velocidade tal que suas componentes são dadas por:

$$v_x(t_v) = v_0 \cos \theta \quad (3.35)$$

$$v_y(t_v) = v_{0y} - g t_v \Rightarrow v_y(t_v) = v_0 \sin \theta - v_0 \sin \theta - \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}$$

$$v_y(t_v) = -\sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh} \quad (3.36)$$

3.8 Caso particular do lançamento de projéteis

As equações obtidas até agora para as grandezas relevantes (tempo de voo, alcance e altura máxima de um projétil) são muito gerais. Para que possamos estudar casos mais simples e de interesse, vamos analisar a situação na qual o lançamento é feito a partir do solo. Nesse caso fazemos $h=0$ nas equações gerais para o tempo de voo, altura máxima e alcance.

3.8.1 Para o tempo ($h=0$)

$$t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow t_v = \frac{1}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2g0}] \Rightarrow$$

$$\boxed{t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}} \quad (3.37)$$

O tempo de voo é calculado fazendo duas vezes o valor de t_s , ou seja, o tempo usado para subir até a altura máxima é igual ao tempo necessário para descer. Então:

$$t_s = t_v / 2 \Rightarrow \boxed{t_s = \frac{v_0 \sin \theta}{g}} \quad (3.38)$$

3.8.2 Para a altura máxima ($h=0$)

Quando fazemos $h=0$ na expressão para altura máxima, encontramos:

$$h_{max} = h + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow h_{max} = 0 + \frac{(v_0)^2}{2g} \sin^2 \theta \Rightarrow$$

$$\boxed{h_{max} = \frac{(v_0)^2 \sin^2 \theta}{2g}} \quad (3.39)$$

3.8.3 Alcance ($h=0$)

Para um valor fixo de v_0 , o melhor é fazer uma boa escolha para o ângulo de tiro:

$$\begin{aligned} A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2gh}] \Rightarrow \\ A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 + 2g0}] \Rightarrow \\ A(\theta) &= \frac{v_0 \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2}] \Rightarrow \end{aligned}$$

$$A(\theta) = \frac{v_0^g \cos \theta}{g} [v_0 \sin \theta + v_0 \sin \theta] \Rightarrow$$

$$A(\theta) = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \Rightarrow$$

$$\boxed{A(\theta) = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}} \quad (3.40)$$

Podemos verificar que o valor máximo do alcance ocorrerá para o valor do ângulo para o qual a derivada do alcance, nesse valor, seja nula. Assim:

$$\boxed{\left. \frac{dA}{d\theta} \right|_{\theta=\theta_0} = \frac{v_0^2 \cos 2\theta}{g} = 0} \quad (3.41)$$

Da condição anterior, segue que o alcance máximo será obtido quando o ângulo de tiro for de 45° .

3.9 Lançamento de projéteis com resistência do ar

Consideremos agora um corpo de massa m sendo lançado com velocidade inicial v_0 formando com o plano horizontal um ângulo θ , em um local onde o módulo da aceleração da gravidade vale g . Suponhamos que o vento atue de forma sempre contrária sobre o corpo durante todo o tempo (ou seja, atue em sentido contrário ao do eixo x), com uma força f . Uma vez que a força f é horizontal, apenas o movimento na direção horizontal x será afetado pela mesma. Sendo f constante, na direção x o corpo realizará um movimento uniformemente variado. Admitindo que o corpo é lançado de uma altura $h=0$, o alcance será dado por:

$$A = v_{0x}t_v - \frac{a}{2}t_v^2 \quad (3.41)$$

Lembrando que $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ e $a = f/m$, podemos reescrever a expressão do alcance como:

$$A = v_0 \cos \theta t_v - \frac{f}{2m}t_v^2 \quad (3.42)$$

Na vertical, o movimento do corpo também será uniformemente variado, com aceleração de módulo g . Assim, o tempo total de permanência no ar será expresso como:

$$t_v = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \quad (3.43)$$

Substituindo a expressão do tempo total ou tempo de voo na expressão do alcance (equação 3.42), obtém-se:

$$\begin{aligned}
A &= v_0 \cos \theta \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right) - \frac{f}{2m} \left(\frac{2v_0 \sin \theta}{g} \right)^2 \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{4v_0^2 \sin^2 \theta f}{2mg^2} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin^2 \theta f}{mg^2} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta \sin \theta f}{mg^2 \cos \theta} \Rightarrow \\
A &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} - \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta f}{mg^2} \operatorname{tg} \theta \Rightarrow \\
\mathbf{A} &= \frac{\mathbf{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}}{\mathbf{g}} \left(\mathbf{1 - \frac{f}{mg} \cdot \operatorname{tg} \theta} \right) \quad (3.44)
\end{aligned}$$

Pela equação anterior podemos notar que, em relação ao caso da não existência da resistência do ar, houve uma redução no alcance e que agora ele depende também da massa do corpo e da influência do vento.

Por fim, o lançamento oblíquo, além de possuir inúmeras aplicações práticas, também fornece subsídios para o entendimento de muitos outros tópicos da física do ensino médio tais como: movimento uniforme, movimento uniformemente variado, composição de movimentos, princípio da independência de movimentos simultâneos, princípio da conservação da energia mecânica, princípio da conservação da quantidade de movimento, conceito de centro de gravidade etc.

4 O PhET INTERACTIVE SIMULATIONS

O PhET Interactive Simulation Project (Physics Teaching Technology) (PhET, 2010; WIEMAN, 2008; FILKENSTEIN, 2005) é uma iniciativa da Universidade do Colorado para fornecer pacotes de simulações para apoiar a Ciência (Física, Química, Matemática e Biologia) e auxiliar no modo como são ensinados e estudados. As simulações são ferramentas interativas que permitem aos usuários formular suas próprias perguntas para conectar fenômenos do mundo real com a Ciência básica.

PhET Interactive Simulations são laboratórios virtuais que simulam experimentos científicos. Este software foi desenvolvido pela Universidade do Colorado em Boulder (Universidade do Colorado) localizada nos EUA. É uma simulação de fenômenos físicos que facilita o aprendizado e o domínio dos tópicos pelo estudante, aumentando sua compreensão sobre o conteúdo da aula que está sendo ministrada na prática (SANTOS, ALVES e MORET, 2006). Usar este software é fácil, tudo que você precisa é de um computador conectado à internet. Assim, nesse contexto, Soares (2013) comentou:

Para ajudar os estudantes a compreender conceitos, as simulações PhET animam o que é invisível aos olhos através de gráficos e controles intuitivos tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes e botões de rádio. Com a finalidade de incentivar ainda mais a exploração quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos como réguas, cronômetros, voltímetros etc. À medida que o usuário manipula essas ferramentas virtuais interativas as respostas são imediatamente animadas, ilustrando, assim, efetivamente as relações de causa e efeito, bem como várias representações relacionadas (movimento dos objetos, gráficos etc.) (SOARES, 2013).

O PhET está disponível na Internet e é gratuito. Os ambientes de simulação disponíveis podem ser executados diretamente pela Internet ou a partir de pacotes de instalação (disponíveis para vários sistemas operacionais) que podem ser baixados e instalados em um computador local. As experiências aqui contidas são fundamentadas teoricamente e revisadas de forma periódica. Nesse contexto, Soares (2013) observou que “todas as simulações são cuidadosamente testadas e avaliadas para garantir a eficácia do treinamento e a utilidade do software”. Ainda sobre esse assunto, Arantes, Miranda e Studart (2010) argumentam:

O grupo PhET possui uma abordagem baseada em pesquisas, na qual todas as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas. As entrevistas com estudantes são fundamentais para o entendimento de como eles interagem com as simulações e o que as torna efetivas educacionalmente. (ARANTES, MIRANDA E STUDART, 2010).

O uso de software é, portanto, de grande benefício para professores que precisam usar experimentos para justificar e melhorar sua metodologia de ensino, que estão tentando conectar significado a conceitos físicos, conectá-los com a vida cotidiana dos estudantes e dar significado às teorias no trabalho. pode ser um recurso para os estudantes observarem que tudo o que estão aprendendo é evidente em seu dia a dia.

Essa forma de ensino é conhecida como aprendizagem significativa e, nesse contexto, Moreira (2001, p. 14) defende que a aprendizagem significativa ocorre quando novos materiais, ideias e informações que representam uma estrutura lógica interagem com conceitos adequados, abrangentes, claros e inclusivos disponíveis na estrutura cognitiva, apresentando relação com o conhecimento prévio do estudantes.

4.1 Formas variadas de utilização do PhET simulations como ferramenta educacional

Arantes, Miranda e Studart (2010) acreditam que o papel principal da simulação é ser uma ferramenta de ensino eficaz, podendo reforçar um bom currículo e bons esforços do professor. O propósito de usar métodos de ensino de simulação pode ser ajudar a introduzir novos tópicos, construir conceitos ou habilidades, reforçar ideias e fornecer reflexão e revisão final. As formas como os professores usam essas ferramentas podem ser muito diversas, incluindo ensino, trabalho em grupo em sala de aula, trabalho em casa ou em laboratório, conforme evidenciado pelo próprio grupo (WIEMAN, 2010).

Em sala de aula as simulações podem servir como demonstrações. A principal contribuição neste caso é a descrição de conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc. Algumas simulações também permitem que os professores desenhem gráficos em tempo real enquanto interagem com a simulação. Os professores são incentivados a propor questões preliminares para desenvolver conceitos alternativos de conteúdo relevante. À medida que os estudantes se familiarizam com a simulação, eles podem verificar suas respostas às perguntas anteriores e tirar conclusões usando as gravações das aulas (ARANTES, MIRANDA, & STUDART, 2010). De acordo com o PhET, em situações como as descritas acima, os estudantes veem grandes benefícios na sala de aula quando adotam o desenvolvimento de hipóteses e a construção de teorias ao lado de colegas e professores.

As simulações são melhor utilizadas em sala de aula em aulas em grupo. Os estudantes são incentivados a usar a simulação em pares diretamente na sala de aula. A ideia principal, neste caso, é apresentar às duplas de estudantes um roteiro estruturado que lhes permita explorar o fenômeno, explorando todas as potencialidades da simulação e todas as relações entre as variáveis do fenômeno (ARANTES, MIRANDA, e STUDART, 2010). De acordo com o grupo PhET, o objetivo desses scripts é incentivar os estudantes a explorar comportamentos simulados, questionar ideias e desenvolver modelos mentais apropriados.

No caso das tarefas de casa, a simulação serve como uma estratégia para que os estudantes possam reaprender a matéria que estudaram de forma independente ou de acordo com um cenário sugerido pelo professor. Também

pode ser usado para introduzir um novo tópico ou aprofundar algo discutido em aula, dando aos estudantes a oportunidade de explorar simulações após o ensino presencial (ARANTES, MIRANDA, & STUDART, 2010).

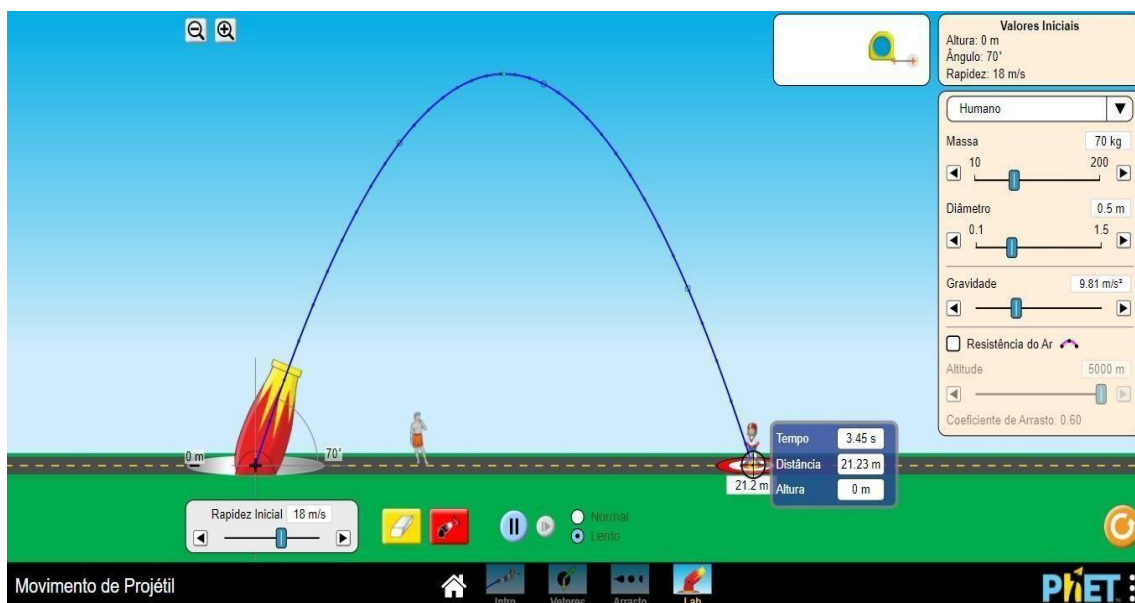
Na prática de laboratório, as simulações funcionam para reduzir as desvantagens. Isso porque a maioria das escolas brasileiras hoje não possui laboratórios suficientes para realizar atividades experimentais e sabe-se que a importância da realização de experimentos é inegável. No entanto, em simulações, muitas condições de contorno podem ser facilmente alteradas, os experimentos podem ser repetidos várias vezes e diferentes combinações de parâmetros podem ser estudadas (ARANTES, MIRANDA e STUDART, 2010).

4.2 O simulador lançamento de projéteis

Para usar este simulador você precisa preparar alguns dados como tipo de objeto a ser lançado, ângulo, velocidade inicial (m/s), massa (kg) e diâmetro (m). A resistência do ar pode ser levada em conta para resultados mais precisos. Neste caso, o coeficiente de arrasto e a altura (m) devem ser fornecidos. Conhecendo todos os dados acima, obtemos o alcance (m), a altura (m) e o tempo (s) que o objeto leva para chegar ao seu destino.

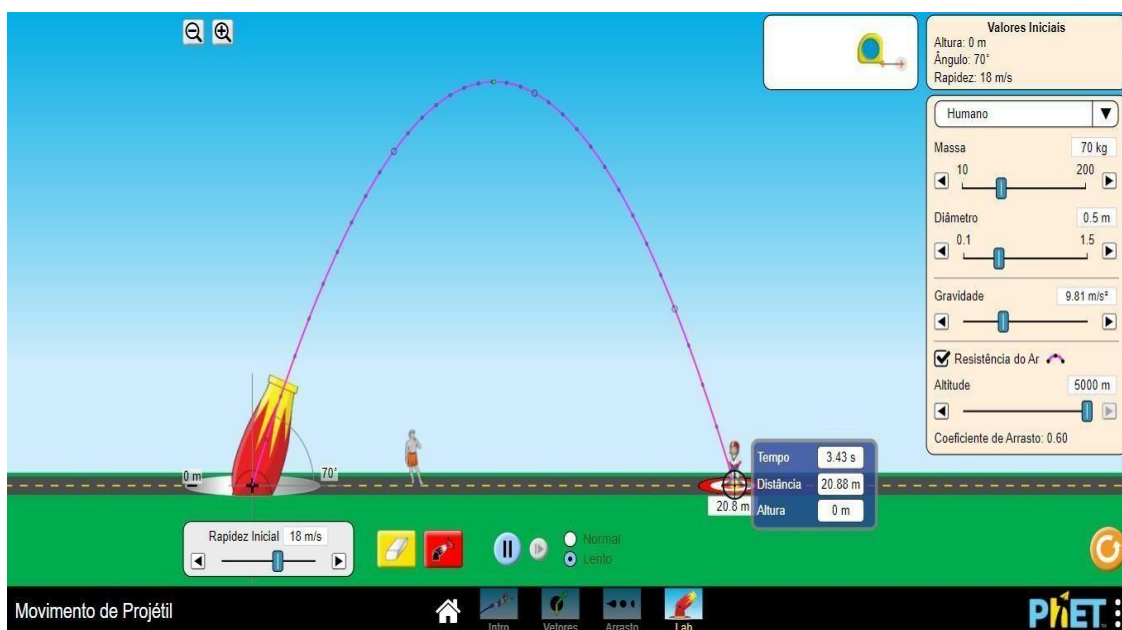
O alcance é maior se o objeto for lançado sem resistência do ar. Isso porque a altitude máxima atingida é maior, o que aumenta o tempo de voo. Quando lançado contra a resistência do ar, o objeto atingirá uma altitude menor e cairá antes de seu destino original, reduzindo o tempo de voo. Nas Figuras 1, 2 e 3, você pode ver que os valores originais não foram alterados.

Figura 1 – Lançamento de um homem bala sem a resistência do ar.



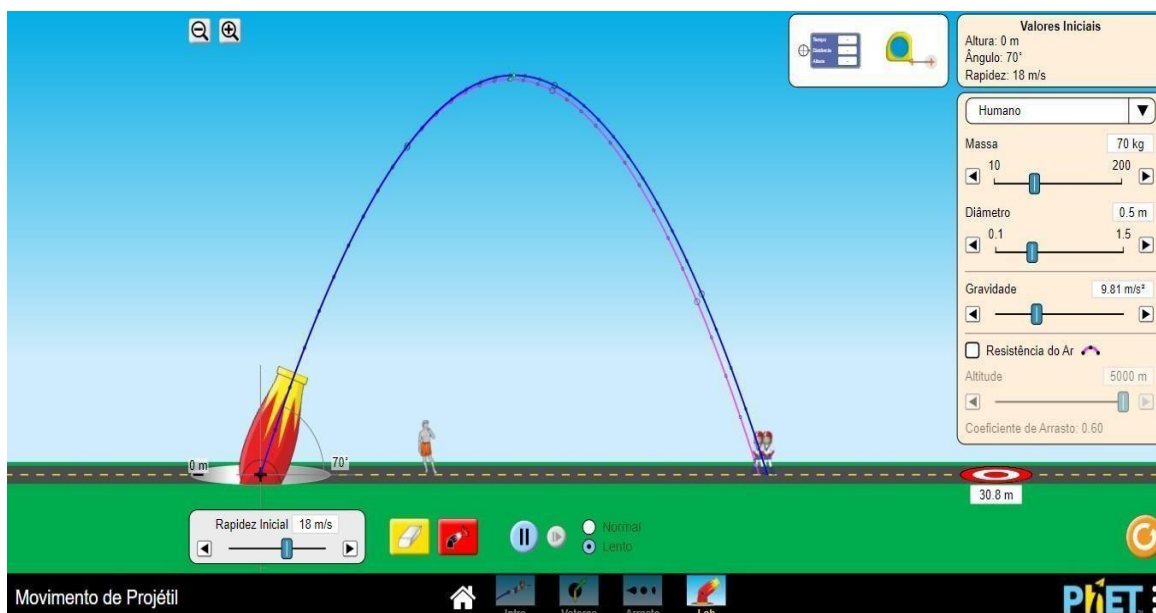
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 2 – Lançamento de um homem bala com a resistência do ar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

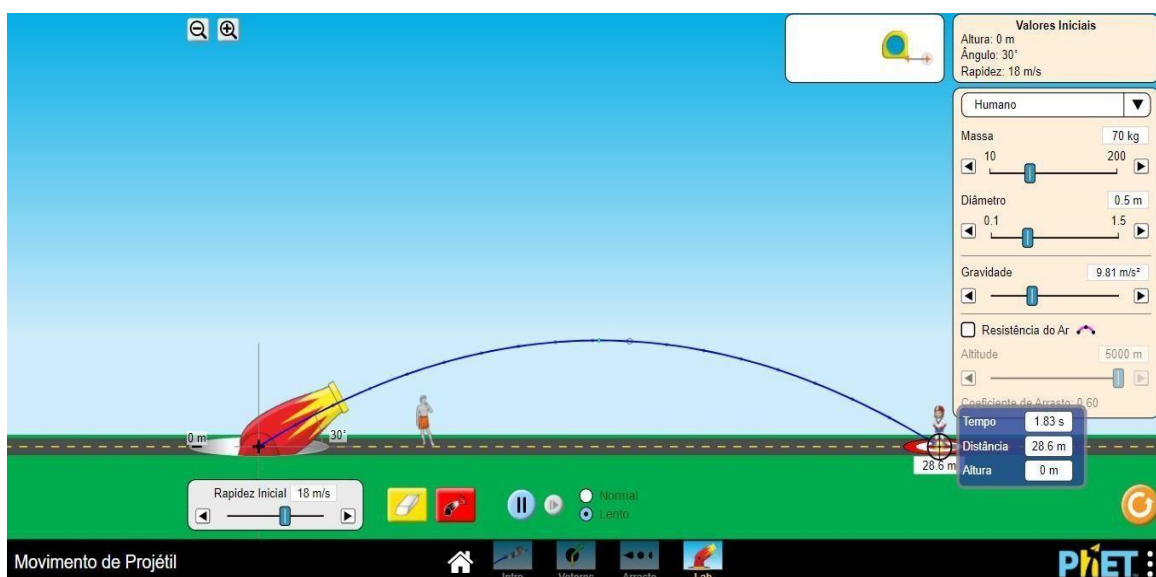
Figura 3 – Comparação do lançamento de um homem bala com e sem a resistência do ar.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

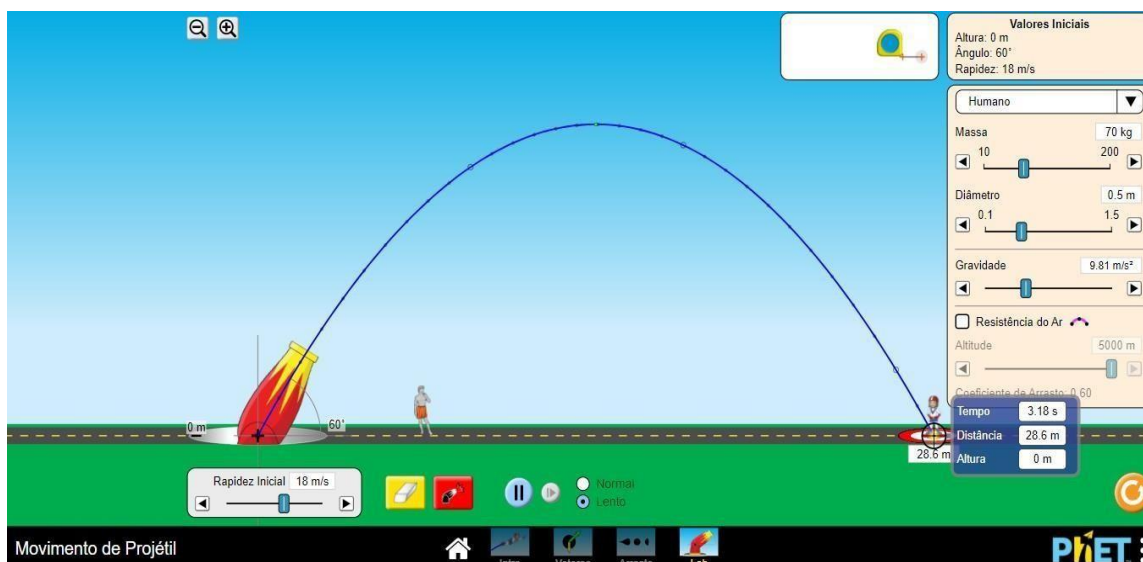
Em outras situações, como mostrado nas Figuras 4, 5 e 6, a velocidade inicial é definida, a opção "resistência do ar" não é selecionada e a trajetória do objeto é simulada com uma inclinação de 30 graus e 60 graus.

Figura 4 - Lançamento de uma bala de canhão sem a resistência do ar, com inclinação de 30 graus.



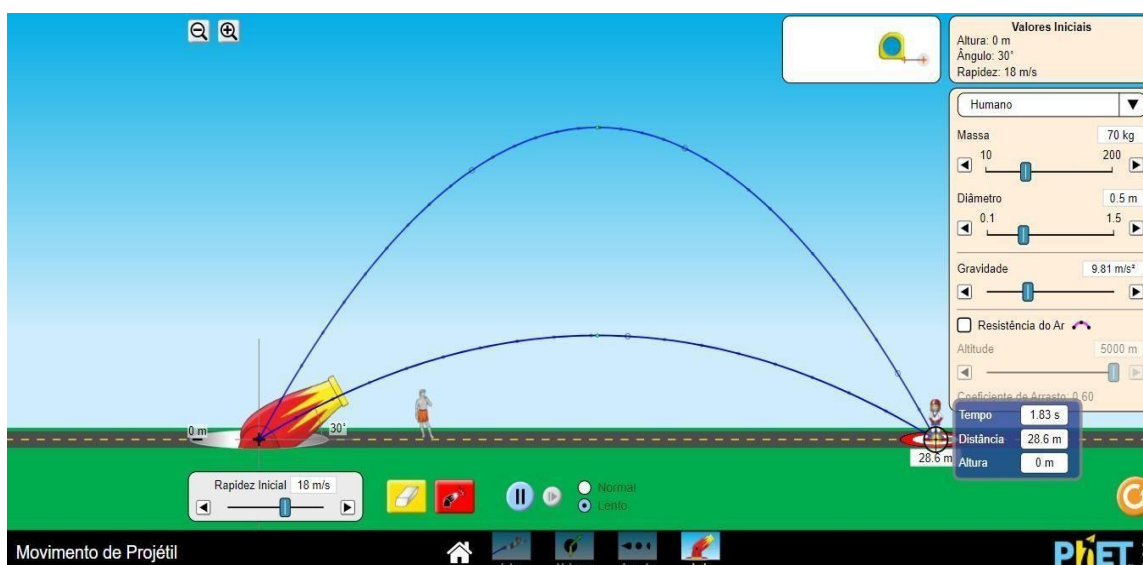
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 5 - Lançamento de uma bala de canhão sem a resistência do ar, com inclinação de 60 graus.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Figura 6 – Comparação das trajetórias de uma bala de canhão lançada sem a resistência do ar e com inclinações de 30 e 60 graus.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Ao se mover, você pode observar que o corpo segue um caminho (trajetória) diferente, apesar de atingir a mesma distância. Isso ocorre quando os ângulos de lançamento são complementares ($\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$) e os coeficientes de velocidade

inicial são iguais. Essa trajetória é uma curva resultante de uma combinação dos movimentos como o retilíneo uniforme (eixo x) e o uniformemente variado (eixo y), de acordo com a velocidade inicial mínima para atravessar uma distância horizontal (x) em conformidade com o ângulo de tiro estabelecido. Esta curva é chamada de parábola ou curva parabólica. O alcance horizontal será máximo quando $\text{SEN}2\theta$ for o maior possível, ou seja, igual a 1, que corresponde exatamente a $2\theta = 90^\circ$ ou $\theta = 45^\circ$.

4.3 Funcionalidades do simulador lançamento de projéteis

O objetivo deste tópico é apresentá-lo aos recursos e ferramentas do programa de simulação interativa PhET e mostrar como manipular alguns dos principais recursos que você usará posteriormente. Esta imagem e texto são de uma simulação interativa PhET. As figuras e textos a seguir são do próprio PhET Interactive Simulations.



Figura 7 – Tela introdução.

Tela Vetores

Veja as forças de arrasto e gravitacional em um diagrama de corpo livre e explore como a velocidade e a aceleração são afetadas pela resistência do ar.

ZOOM maior ou menor

OBSERVE o diagrama de corpo livre em tempo real

DEFINA a rapidez inicial

EXPLORE os efeitos do diâmetro, da massa e da resistência do ar

VEJA os vetores como totais ou componentes

Figura 8 – Tela vetores.

Tela Arrasto

Determine os fatores que afetam a força de arrasto e observe a relação entre a força de arrasto e a velocidade.

COMPARE até 5 trajetórias

APAGUE as trajetórias

EXPLORE a relação entre coeficiente de arrasto e forma do corpo

AJUSTE a altitude

Figura 9 – Tela arrasto.

Tela Lab

Explore os efeitos na mudança de parâmetros do projétil e investigue a influência da aceleração da gravidade.

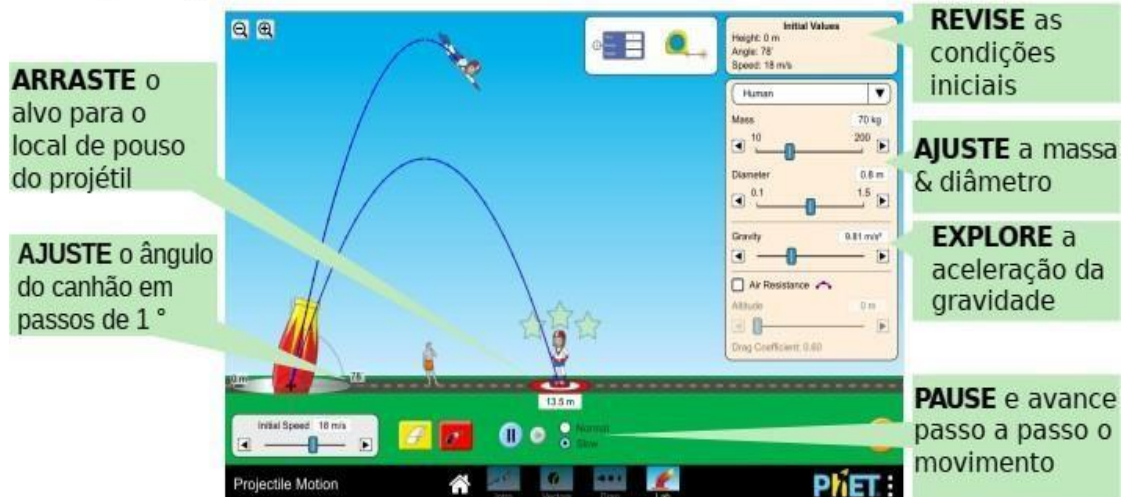


Figura 10 – Tela laboratório.

4.3.1 Simplificações do modelo

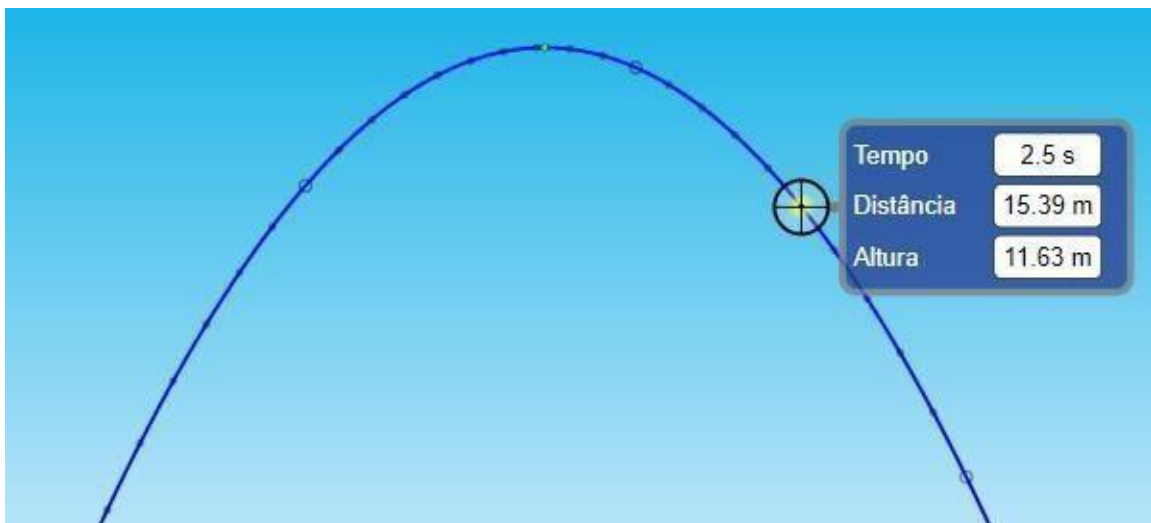
- O canhão tem mira (uma cruz preta) para marcar a localização inicial do projétil dentro do mesmo;
- Alterações na resistência do ar, altitude e aceleração da gravidade se aplicam imediatamente e afetarão todos os projéteis no meio do voo;
- Os vetores são desenhados a partir do centro da imagem, que pode se desviar um pouco do centro de massa. Para melhor visibilidade, os vetores não são dimensionados com o nível de zoom;
- A força de arrasto é modelada com o arrasto quadrático ($F \propto V^2$), que é válido no limite do número de Reynolds alto, apropriado para objetos macroscópicos como bolas de beisebol;
- O arrasto linear (Lei de Stokes) é válido apenas no limite do número de Reynolds muito baixo (como gotículas do tamanho de um micron no ar);
- O coeficiente de arrasto depende do número de Reynolds, que assumimos ser uma constante;

- O coeficiente de arrasto também depende da geometria do objeto, para que os projéteis de referência (por exemplo, bola de beisebol, carro) não tenham um coeficiente de arrasto ajustável;
- A área da seção transversal dos projéteis é aproximada para ser um círculo, e sua área é determinada pelo diâmetro;
- Presume-se que itens que permanecem tangentes à trajetória em movimento (por exemplo, bola de futebol, obus) tenham a aerodinâmica ou distribuição de peso apropriada que leva a esse comportamento.

4.3.2 Controles complexos

Quando a simulação é pausada, até 3 balas podem ser disparadas simultaneamente. O dispositivo de rastreamento pode medir o tempo, a distância e a altura do projétil em qualquer ponto de sua trajetória. Pontos pretos são plotados em intervalos de 0,1 segundo e pontos verdes são picos de trajetória.

Figura 11 – Ferramenta de rastreamento com pontos pretos e verdes.



Os marcadores "personalizados" na tela do laboratório permitem que o usuário insira valores precisos para massa, diâmetro, aceleração gravitacional, altura e coeficiente de arrasto. A faixa aceitável para esse valor é exibida na parte superior do teclado.

Figura 12 – Ferramenta de personalização do corpo.

The interface is divided into two main sections. The top section, titled 'Valores Iniciais' (Initial Values), displays three parameters: 'Altura: 0 m' (Height), 'Ângulo: 70°' (Angle), and 'Rapidez: 18 m/s' (Speed). Below this is a dropdown menu set to 'Personalizado' (Customized). The bottom section contains several adjustable parameters, each with a text input field and a yellow edit icon (pencil): 'Massa' (Mass) set to 100 kg, 'Diâmetro' (Diameter) set to 1 m, 'Gravidade' (Gravity) set to 9.81 m/s², 'Altitude' set to 5000 m, and 'Coeficiente de Arrasto' (Drag Coefficient) set to 0.98. Additionally, there is a checkbox labeled 'Resistência do Ar' (Air Resistance) which is checked, accompanied by a small icon of a purple arrow.

4.3.3 Percepções de uso pelos estudantes

Os estudantes geralmente encontram todas as opções disponíveis no simulador sem aviso prévio, como ajustar o ângulo do canhão, mover o alvo, alterar os parâmetros do projétil e ativar vetores.

O canhão fica em um pedestal com uma altura ajustável. Para indicar essa possibilidade, o canhão, na tela de Introdução, começa a 10 m e possui setas na indicação da altura que desaparecerão assim que a altura do canhão for ajustada.

4.3.4 Exemplos de propostas de desafios

- Escolha uma variável e crie um experimento para determinar como ela afeta a trajetória do projétil;
- Avalie como as condições iniciais variáveis afetam a trajetória do projétil e explique o raciocínio;
- Identificar fatores que afetam a distância do projétil quando a resistência do ar está ativada e não afetam a distância do projétil quando a resistência do ar está desativada;
- Descrever o comportamento dos vetores velocidade e aceleração ao longo do tempo e o efeito da resistência do ar;

- Explique por que os pontos pretos no caminho da bala estão mais próximos uns dos outros no topo da trajetória e mais distantes perto do solo;
- Crie uma situação em que o projétil atinja a velocidade terminal.

4.4 Avaliação do software

Recursos educacionais: Este software é compatível com conteúdo de Física simulada. Ele atende ao seu propósito educacional porque fornece um aspecto motivador e oferece uma oportunidade de explorar o conteúdo de maneira mais interessante e consistente.

Facilidade de uso: O simulador é um software fácil de entender e aprender, e tem bom desempenho, portanto não há problemas de usabilidade.

Características da Interface: Interface agradável com fácil localização e cores amigáveis.

Customização: O software fornece todos os recursos necessários para entender o conceito de lançamento de um projétil.

Documentação: Sem documentação.

Portabilidade: Por ser um software baseado na web, tudo o que você precisa para executá-lo é um bom navegador. O simulador foi testado em 5 navegadores: Opera, Google Chrome, Internet Explorer, Mozilla Firefox e Safari. Funciona bem no Google Chrome e no Internet Explorer.

Navegadores: Você precisa instalar o Adobe Flash Player para usar este simulador no Opera, Mozilla Firefox e Safari.

Retorno do investimento: Freeware.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa-PT, Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, 2013. Disponível em: http://www.cid.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>

NOVAK, J. D. Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. **Journal of e-Learning and Knowledge Society**, v. 6, n. 3, p.21-30, 2010. Disponível em: http://www.proiac.uff.br/sites/default/files/documentos/novak_j.d.pdf

BRAGA, A. S.; Killner, G. I.; ARAUJO, F. G. **O uso de simuladores computacionais como recurso didático nas aulas de física: antes ou depois?** In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/programa/trabalhos.asp?sesId=87#>

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Nº 9.394/96**. Brasília, DF, 20 dez. 1996. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br>

MORAN, José Manuel. **Ensino e Aprendizagem Inovadores com tecnologias**. In: Informática na Educação: Teoria & Prática. Porto Alegre, vol. 3, n.1 (set. 2000) UFRGS. Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, pág. 137-144. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/6474>

Chaves EOC. O Uso de Computadores em Escolas: Fundamentos e Críticas [internet]. São Paulo: Scipione; 1988. Disponível em http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1/local/ec_scipione.htm

SCHNEIDER, Wanderson Pereira. **Uma Sequência Didática Para Cinemática Escalar, Usando Experimento E Simulação Computacional**. 2017.91 f.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

SCHWEDER, Sabine. **Uso de simuladores em atividades de laboratório de Física Moderna: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância**. 2015. 138 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2015.

APÊNDICE B

AULA EXPOSITIVA



SUMÁRIO

- Objetivos;
- Situação inicial;
- Situação – problema inicial;
- Verificação;
- Introdução aos lançamentos;
- Parâmetros nos lançamentos;
- Equações básicas do movimento;
- Lançamentos horizontal e vertical;
- Referências.

OBJETIVOS

Promover a aprendizagem de conceitos relacionados aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo em escolas secundárias.

SITUAÇÃO INICIAL

O lançamento oblíquo é um tipo de movimento em duas dimensões em que um objeto é lançado com um ângulo em relação à horizontal. Ele combina um movimento horizontal constante com um movimento vertical influenciado pela gravidade.

Esse tipo de lançamento é comumente observado em várias situações do dia a dia, como arremessos em esportes, projéteis em balística e até mesmo nos movimentos de alguns animais.

SITUAÇÃO INICIAL

Agora, gostaria de ouvir suas impressões sobre o que é o movimento em duas dimensões.

Como você descreveria esse tipo de movimento?

Quais características você acredita que o distinguem do movimento em uma dimensão?

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Nos lançamentos horizontais, a velocidade inicial do objeto é totalmente horizontal, o que significa que não há componente vertical envolvida no movimento inicial. Como consequência, o objeto percorre uma trajetória completamente horizontal, deslocando-se a uma velocidade constante ao longo do tempo, sob a influência mínima da aceleração gravitacional.

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Por outro lado, nos lançamentos verticais, a velocidade inicial do objeto é totalmente vertical, apontando para cima ou para baixo. Nesses casos, a aceleração gravitacional afeta diretamente o movimento vertical do objeto.

SITUAÇÃO INICIAL

Vamos continuar nossa discussão abordando os lançamentos horizontais e verticais.

Por outro lado, nos lançamentos verticais, a velocidade inicial do objeto é totalmente vertical, apontando para cima ou para baixo. Nesses casos, a aceleração gravitacional afeta diretamente o movimento vertical do objeto.

O objeto lançado para cima é desacelerado até atingir sua altura máxima e, em seguida, acelerado em direção ao solo. Já o objeto lançado para baixo é acelerado durante todo o tempo, devido à influência da gravidade, aumentando sua velocidade vertical à medida que cai.

SITUAÇÃO INICIAL

Agora, vamos abordar o lançamento oblíquo. Nesse tipo de lançamento, o objeto é lançado em um ângulo em relação à horizontal, combinando um movimento horizontal constante com um movimento vertical influenciado pela gravidade.

O efeito da aceleração gravitacional faz com que o objeto siga uma trajetória parabólica. A distância percorrida pelo objeto, tanto na direção horizontal quanto na vertical, é afetada pelo ângulo de lançamento, pela velocidade inicial e pela aceleração gravitacional.

SITUAÇÃO INICIAL

Peço a vocês que pensem em algumas situações em que um lançamento oblíquo ocorre.

Quais exemplos vocês podem citar?

E como vocês acham que seria possível lançar um objeto o mais longe possível, considerando um lançamento oblíquo?

SITUAÇÃO INICIAL

Essa discussão inicial nos permitiu entender melhor o que é o lançamento oblíquo e suas características.

Nas próximas etapas, exploraremos com mais detalhes as fórmulas e os cálculos envolvidos nesse tipo de movimento, além de realizar experimentos práticos e analisar exemplos reais de lançamentos oblíquos.

SITUAÇÃO – PROBLEMA INICIAL

Vamos utilizar o que já foi exposto para aumentar nossa percepção quanto aos movimentos vertical, horizontal e oblíquo. Assim, pensem um pouco sobre as seguintes questões:

1. Considerando os movimentos anteriores, quais são as diferenças entre eles?
2. Qual é a lógica destes movimentos e a quem se atribui?
3. Como você pode aplicar os movimentos acima em sua vida diária? Cite alguns exemplos.

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

1. Movimento Uniforme (M.U): O movimento uniforme ocorre quando um objeto se desloca em uma trajetória com velocidade constante ao longo do tempo. Nesse tipo de movimento, a velocidade é escalar (apenas um valor numérico) e não há aceleração.

Exemplo: Um carro percorrendo uma estrada em linha reta a uma velocidade constante de 60 km/h.

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 7: **Movimento**

Seção 2: **Movimento retilíneo uniforme**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

2. Movimento Uniformemente Variado (M.U.V): O movimento uniformemente variado ocorre quando um objeto se desloca em uma trajetória com aceleração constante. Nesse caso, a velocidade varia uniformemente ao longo do tempo. A aceleração pode ser positiva (aceleração) ou negativa (desaceleração).

Exemplo: Um objeto caindo livremente sob a ação da gravidade, no qual a aceleração é constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 6: **Aceleração**

Seção 2: **Um exemplo de aceleração**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 6: **Aceleração**

Seção 5: **Aceleração da gravidade**

Prof. Anderson Coser Gaudio

Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

3. Grandezas Vetoriais e Escalares: As grandezas vetoriais possuem magnitude (valor numérico) e direção. Alguns exemplos são: velocidade, deslocamento e força. Por outro lado, as grandezas escalares possuem apenas magnitude, sem uma direção específica. Exemplos de grandezas escalares são: tempo, massa e temperatura.

Exemplo: Velocidade é uma grandeza vetorial, pois envolve tanto a magnitude (valor numérico) quanto a direção (por exemplo, 30 km/h para o leste).

VERIFICAÇÃO

Aula de Física em Flash

Aula 3: Fundamentos Matemáticos
Seção 2: Grandezas Escalares e Vetoriais

Prof. Anderson Coser Gaudio
Depto. de Física - CCE
Universidade Federal do Espírito Santo

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

4. Decomposição Vetorial: A decomposição vetorial é o processo de dividir um vetor em suas componentes ao longo de diferentes eixos. Isso nos permite tratar o movimento em duas dimensões separadamente (horizontal e vertical).

Exemplo: Ao lançar um objeto em um ângulo, podemos decompor o vetor de velocidade inicial em suas componentes horizontal e vertical.

VERIFICAÇÃO

Antes de prosseguirmos com a discussão sobre lançamento oblíquo, vamos revisar alguns tópicos importantes que são pré-requisitos para uma compreensão completa desse assunto. Vamos relembrar brevemente alguns conceitos, como movimento uniforme (M.U), movimento uniformemente variado (M.U.V), grandezas vetoriais e escalares, decomposição vetorial e trigonometria.

5. Trigonometria: A trigonometria é uma ferramenta matemática essencial para a análise de movimentos em duas dimensões. Ela estuda as relações entre ângulos e os lados de triângulos.

Exemplo: Ao decompor um vetor em suas componentes horizontal e vertical, podemos usar as relações trigonométricas para determinar os valores dessas componentes.

VERIFICAÇÃO

Agora, vamos aplicar esses conceitos em alguns exemplos simples para que vocês possam compreender melhor como eles são utilizados na prática. Vamos trabalhar juntos nesses exemplos para fortalecer a compreensão dos tópicos mencionados.

VERIFICAÇÃO

1. Uma pessoa está dirigindo seu carro em uma estrada reta e plana, mantendo uma velocidade constante de 80 km/h. Com base nos conhecimentos sobre Movimento Uniforme, responda às seguintes questões:

- O que significa dizer que o movimento é uniforme?
- Quais são as características desse tipo de movimento?
- Se o carro percorrer uma distância de 200 km a uma velocidade constante de 80 km/h, qual será o tempo total de viagem?
- Durante o percurso, a velocidade do carro pode variar? Justifique sua resposta.

VERIFICAÇÃO

Nota:

É importante destacar que, no mundo real, podem ocorrer pequenas variações na velocidade de um objeto em um movimento uniforme devido a fatores como atrito e irregularidades na superfície, mas, em um contexto idealizado, consideramos a velocidade constante.

VERIFICAÇÃO

2. Um objeto é lançado verticalmente para cima a partir do solo, em um local onde a aceleração da gravidade é de $9,8 \text{ m/s}^2$. Com base nos conhecimentos sobre Movimento Uniformemente Variado, responda às seguintes questões:

- O que caracteriza o movimento uniformemente variado?
- Quais são as principais características desse tipo de movimento?
- Considerando que o objeto atinge uma altura máxima e depois retorna ao solo, qual é o valor da velocidade do objeto ao atingir a altura máxima?
- Explique a relação entre a aceleração da gravidade e o movimento do objeto durante a subida e a descida.

VERIFICAÇÃO

Nota:

É importante ressaltar que, em um contexto idealizado, consideramos que a resistência do ar é desprezível. Em situações reais, outros fatores podem influenciar o movimento, mas para esse exercício, consideraremos apenas a aceleração da gravidade constante.

VERIFICAÇÃO

3. Explique a diferença entre grandezas vetoriais e grandezas escalares, dando exemplos de cada uma delas e explicando como elas são representadas.

VERIFICAÇÃO

4. Explique o conceito de decomposição de vetores e como ela pode ser realizada. Utilize um exemplo prático para ilustrar o processo de decomposição.

VERIFICAÇÃO

Nota:

A decomposição de vetores é essencial para entender o comportamento de vetores em diferentes direções, facilitando a análise de sistemas complexos. Ela nos permite separar as influências de um vetor em cada uma das direções, fornecendo uma visão mais clara e precisa dos fenômenos envolvidos.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS

LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

O lançamento de projéteis refere-se ao ato de impulsionar um objeto no ar usando uma força inicial, com o objetivo de projetá-lo em uma trajetória específica. Esses objetos, conhecidos como projéteis, podem incluir uma variedade de itens, como balas, foguetes, mísseis, pedras ou até mesmo objetos lançados manualmente, como bolas ou dardos.

O lançamento de projéteis é um conceito importante em várias áreas, como física, engenharia e balística. Ele envolve princípios fundamentais, como a aplicação de uma força inicial ou impulso no objeto e o estudo das leis do movimento, como a lei da inércia de Newton e a lei da conservação do momento.

É um comportamento físico definido por condições iniciais, as quais são dadas por:

- Módulo da velocidade inicial v_0 ;
- Ângulo inicial θ_0 ou ângulo de tiro.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS

COMPORTAMENTO FÍSICO

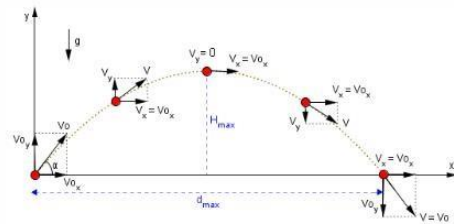
Se manifesta como trajetória parabólica. Essa trajetória é determinada por vários fatores, incluindo a velocidade inicial do lançamento, o ângulo de lançamento, a resistência do ar e a presença de outras forças externas, como a gravidade. Esses fatores podem afetar a altura atingida pelo projétil, a distância percorrida e sua precisão.

Caso seja desenhado no sistema de coordenadas cartesianas ortogonais, teremos:

- No eixo X o movimento será Retilíneo e Uniforme (M.R.U);
- No eixo Y o movimento será Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V). Aqui, o movimento sofre influência da aceleração da gravidade.

Este comportamento físico é modelado por equações matemáticas, as quais envolvem constantes como a gravidade e variáveis como o tempo.

INTRODUÇÃO AOS LANÇAMENTOS



PARÂMETROS NOS LANÇAMENTOS

1. FORÇA

Levando-se em consideração que a gravidade aponta sempre para o interior da terra, desprezando a força de resistência do ar e tendo em vista a escolha do referencial, a expressão para a força agindo sobre o projétil é dada por:

$$\vec{F} = -(mg)\vec{j}$$

PARÂMETROS NOS LANÇAMENTOS

2. TEMPO NO MOVIMENTO

Após o lançamento do projétil ocorrem dois acontecimentos importantes:

- O primeiro acontecimento importante, e que vale a pena destacar, é que depois de decorrido um instante de tempo desde o lançamento, o projétil atinge uma altura máxima a partir da qual tem início o seu movimento de queda;
- O segundo (que ocorre sempre) é a queda do mesmo. Seja t_q o instante de tempo no qual ocorre a queda do projétil, o tempo de voo (t_v) é definido como o tempo no qual ele esteve viajando. É dado pela diferença entre os instantes de tempo de queda e do lançamento:

$$t_v = t_q - t_0$$

Durante o tempo de percurso ou tempo de voo, o projétil percorre uma distância horizontal conhecida como alcance (A).

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

1. VELOCIDADES v_x e v_y DO PROJÉTEL

O movimento do projétil pode ser estudado como a composição de dois movimentos, um na direção do eixo x e outro na direção do eixo y. Como não existe aceleração na direção do eixo x, dizemos que o movimento é uniforme neste eixo e escrevemos:

$$x = x_0 + v_{0x}t_v$$

onde x_0 é a coordenada inicial (no tempo $t = t_0$) e v_{0x} é a componente da velocidade inicial ao longo do eixo x. A componente da velocidade no eixo x é constante e dada por:

$$v_x = v_{0x}$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

1. VELOCIDADES v_x e v_y DO PROJÉTEL

Ao longo do eixo y, a aceleração é constante e dada pela aceleração da gravidade. O movimento no eixo y é, portanto, uniformemente variado e, para a orientação de eixos considerada, escrevemos para a componente da velocidade a expressão:

$$v_y = v_{0y} - gt_v$$

onde v_{0y} é a componente vertical da velocidade inicial.

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

2. POSIÇÃO DO PROJÉTIL

Para definirmos a posição (x,y) em um instante qualquer de tempo, basta determinarmos cada uma das variáveis x e y. Estas coordenadas, por sua vez, são dadas para um tempo, a partir do lançamento, pelas expressões:

$$x = x_0 + v_{0x}t_v$$

$$y = y_0 + v_{0y}t_v - \frac{g}{2}(t_v)^2$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

3. TRAJETÓRIA DO PROJÉTIL

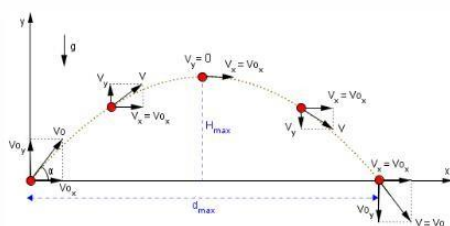
Determinemos agora a trajetória da partícula. Para tal, escrevemos o tempo como sendo dependente da coordenada x, como a seguir:

$$x = x_0 + v_{0x}(t_v) \Rightarrow t_v = \frac{x}{v_{0x}}$$

substituindo a expressão acima na do eixo y encontramos a equação da trajetória:

$$y = y_0 + v_{0y}\left(\frac{x}{v_{0x}}\right) - \frac{g}{2}\left(\frac{x}{v_{0x}}\right)^2$$

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO



EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

1. Um índio dispara uma flecha obliquamente. Sendo a resistência do ar desprezível, a flecha descreve uma parábola num referencial fixo ao solo. Considerando o movimento da flecha depois que ela abandona o arco, afirma-se:

- A flecha tem aceleração mínima, em módulo, no ponto mais alto da trajetória.
- A flecha tem aceleração sempre na mesma direção e no mesmo sentido.
- A flecha atinge a velocidade máxima, em módulo, no ponto mais alto da trajetória.

Está (ão) correta (s):

- apenas I
- apenas I e II
- apenas II
- apenas III
- I, II e III

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

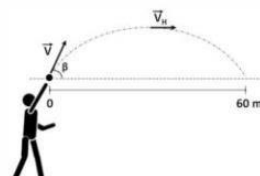
2. Marque a alternativa incorreta a respeito do lançamento oblíquo.

- O ângulo que fornecerá o maior alcance horizontal possível é o de 45°;
- Ao chegar na altura máxima a componente vertical da velocidade do móvel é nula;
- A componente horizontal da velocidade mantém-se inalterada, uma vez que no eixo x o movimento é classificado como retilíneo e uniforme;
- A componente vertical da velocidade diminui desde o solo até se tornar nula na altura máxima, o que classifica o movimento como sendo acelerado;
- A componente horizontal da velocidade pode ser determinada pelo produto da velocidade do objeto com o cosseno do ângulo com o qual o corpo abandona o solo.

EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

2. Em um jogo de futebol, o goleiro, para aproveitar um contra-ataque, arremessa a bola no sentido do campo adversário. Ela percorre, então, uma trajetória parabólica, conforme representado na figura, em 4 segundos.



EQUAÇÕES BÁSICAS DO MOVIMENTO

EXEMPLOS

Desprezando a resistência do ar e com base nas informações apresentadas, podemos concluir que os módulos da velocidade V_0 , de lançamento, e da velocidade V_H , na altura máxima, são, em metros por segundos, iguais a, respectivamente,

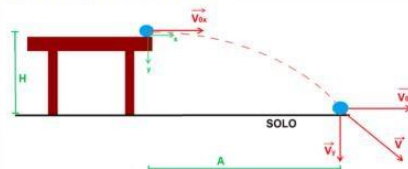
Dados: $\sin\beta = 0,8$; $\cos\beta = 0,6$.

- a) 15 e 25
- b) 15 e 50
- c) 25 e 15
- d) 25 e 25
- e) 25 e 50

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Imagine o movimento de uma bola desde o momento em que é lançada de uma mesa até cair no chão. No momento em que ela abandona a mesa, executa uma trajetória curvilínea até tocar o solo. Esse tipo de movimento é denominado lançamento horizontal e ocorre quando o objeto, inicialmente com uma velocidade na horizontal, é lançado a determinada altura.

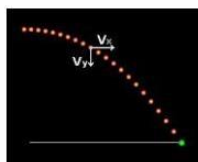


Na figura acima, vemos que, ao abandonar a mesa, a bola inicia um movimento de queda livre por causa da ação da força da gravidade.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Assim, podemos concluir que um objeto lançado horizontalmente possui duas velocidades: uma orientada na horizontal e outra na vertical, conforme é representado na figura a seguir.

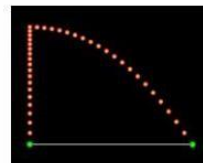


A velocidade na horizontal é constante durante todo o movimento, pelo fato de o objeto executar um movimento retilíneo uniforme. Na vertical, à medida que o objeto cai, sua velocidade torna-se cada vez maior por causa da aceleração da gravidade. Por isso, no eixo y, o movimento é retilíneo e uniformemente variado.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

1. LANÇAMENTO HORIZONTAL

Se, no exato instante em que a bola abandona a mesa com uma determinada velocidade horizontal, um outro objeto for abandonado verticalmente, de modo que execute um movimento de queda livre, os dois corpos tocarão o solo ao mesmo tempo, como podemos verificar na imagem a seguir.

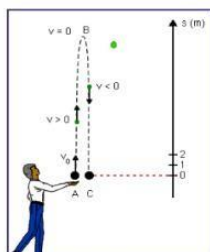


Isso acontece porque os dois objetos são lançados na mesma altura e executam um mesmo movimento na vertical, portanto, possuem o mesmo tempo de queda.

LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

2. LANÇAMENTO VERTICAL

O lançamento vertical é um tipo de movimento no qual um objeto é projetado verticalmente para cima e retorna ao solo sob a influência da gravidade. É caracterizado pelo lançamento de um objeto com uma velocidade inicial verticalmente para cima e sua subsequente trajetória descendente.



LANÇAMENTOS HORIZONTAL E VERTICAL

2. LANÇAMENTO VERTICAL

É importante observar que no lançamento vertical não há influência do movimento horizontal, ou seja, a trajetória do objeto ocorre exclusivamente ao longo do eixo vertical e, para este lançamento, são válidas todas as equações do Movimento Uniformemente Variado (MUV).

Além disso, no lançamento vertical, não são considerados outros fatores, como resistência do ar ou efeitos da rotação da Terra, que podem afetar a trajetória em situações reais.

REFERÊNCIAS

1. YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física I: Mecânica. São Paulo: Pearson, 2010. Movimento de projéteis.
2. Júnior, Joab Silas da Silva. "Lançamento oblíquo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/lancamento-obliquo.htm>.
3. Métodos Computacionais no Ensino da Física. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/computador_ensino_fisica/Modellus/Modellusl_tabela.htm.
4. ROCHA, A. R.; CAMPOS, G. H. B. Avaliação da Qualidade de Software Educacional. Em Aberto, Brasília, ano 12, n. 57, jan/mar 1993.

Obrigado!

APÊNDICE C

REVISÃO SOBRE LANÇAMENTOS

1. Imagine que você e seus amigos estão participando de uma competição de lançamento oblíquo na escola. O objetivo é lançar um objeto o mais longe possível. Vocês têm à disposição bolas de tênis, uma rampa inclinada e um cronômetro para medir o tempo de voo. As medidas do local de lançamento e a aceleração gravitacional são conhecidas. Vocês precisam planejar o lançamento para maximizar a distância percorrida pelo objeto. Utilize os conhecimentos sobre lançamento oblíquo e responda as questões seguintes:

a) Qual ângulo de lançamento vocês devem escolher para maximizar a distância percorrida pelo objeto? Justifique sua resposta.

b) O que aconteceria se vocês aumentassem a velocidade inicial do objeto? Isso teria algum impacto na distância percorrida? Explique.

c) Além do ângulo de lançamento, velocidade inicial e aceleração gravitacional, que outros fatores vocês acreditam que possam afetar a distância percorrida pelo objeto no lançamento oblíquo? Dê pelo menos dois exemplos e explique como eles poderiam influenciar o resultado.

2. Você e seus amigos estão competindo em um desafio de lançamento horizontal de dardos. O objetivo é lançar o dardo o mais longe possível em um campo aberto. Vocês têm à disposição uma catapulta e dardos de tamanho padrão. Considere as seguintes informações:

- Distância horizontal entre o ponto de lançamento e o alvo: 50 metros.

- Aceleração gravitacional: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Questões:

a) Explique o que é um lançamento horizontal e como ele difere de um lançamento vertical.

b) Considerando que o dardo é lançado horizontalmente com uma velocidade inicial de 20 m/s , qual é o tempo de voo do dardo até atingir o solo? Apresente os cálculos e explique sua resposta.

3. Você está participando de um experimento de lançamento vertical de uma pequena bola. O objetivo é analisar o movimento da bola durante sua subida e descida. Considere as seguintes informações:

- Altura máxima atingida pela bola: 10 metros.
- Aceleração gravitacional: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Questões:

a) Explique o que é um lançamento vertical e como ele difere de um lançamento horizontal.

b) Se o tempo total de voo da bola, desde o lançamento até atingir o solo novamente, é de 2 segundos, qual é a velocidade com que a bola atinge o solo? Apresente os cálculos e explique sua resposta.

APÊNDICE D

Avaliação da UEPS

Questão 1:

Explique o que é um lançamento oblíquo e quais são as principais características desse tipo de movimento. Dê um exemplo de situação prática em que ocorra um lançamento oblíquo.

Questão 2:

Considere uma pedra sendo lançada horizontalmente do alto de um edifício de 180 m de altura, em um local onde o módulo da aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 e tendo um alcance horizontal igual a 10 m. Nessas condições, conclui-se que a velocidade com que a pedra foi lançada, em m/s, é igual a:

Questão 3:

Explique o que é um lançamento horizontal e quais são as características desse tipo de movimento em relação à trajetória e velocidade do objeto lançado.

Questão 4:

Descreva uma situação prática em que ocorra um lançamento horizontal. Explique como a velocidade inicial e a aceleração gravitacional influenciam o movimento do objeto.

Questão 5:

Explique o que é um lançamento vertical e quais são as principais características desse tipo de movimento em relação à trajetória e velocidade do objeto lançado.

Questão 6:

Descreva como a aceleração gravitacional afeta o movimento em um lançamento vertical. Qual é o valor da aceleração gravitacional?

Questão 7:

Compare os lançamentos oblíquo, horizontal e vertical em relação à trajetória, velocidade inicial e influência da aceleração gravitacional. Dê um exemplo de aplicação prática para cada tipo de lançamento.

Questão 8:

Cite duas situações práticas do cotidiano em que os conhecimentos sobre lançamentos oblíquo, horizontal ou vertical sejam importantes. Explique como esses conhecimentos são aplicados nessas situações.

Questão 9:

Explique o que significa dizer que um movimento ocorre em duas dimensões. Quais são as principais características desse tipo de movimento?

Questão 10:

Explique a importância do estudo dos lançamentos oblíquo, horizontal e vertical na física e como esses conceitos podem ser aplicados em diferentes áreas do conhecimento.
