

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS (CCNE)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA E ENSINO DE FÍSICA (PPGEMEF)

Vágner Schillreff Diniz

**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS: CONTRIBUIÇÕES PARA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE
MECÂNICA**

Santa Maria, RS
2022

Vágner Schillreff Diniz

**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS: CONTRIBUIÇÕES PARA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ensino de Física**.

Orientador (a): Prof^o Dr^o Dioni Paulo Pastorio

Santa Maria
2022

Diniz, Vágner Schillreff

Proposição de uma UEPS: Contribuições para aprendizagem significativa de conceitos de Mecânica / Vágner Schillreff Diniz.- 2022.

176 p.; 30 cm

Orientador: Dioni Paulo Pastorio

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, RS, 2022

1. Ensino de Física 2. Mecânica 3. Aprendizagem Significativa I. Pastorio, Dioni Paulo II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, VÁGNER SCHILLREFF DINIZ, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Vágner Schillreff Diniz

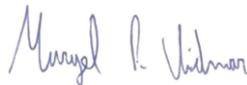
**PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS: CONTRIBUIÇÕES PARA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE MECÂNICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ensino de Física**.

Aprovado em 31 de março de 2022.



Dioni Paulo Pastorio, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Muryel Pyetro Vidmar, Dr. (UFSM)



Thiago de Cacio Luchese, Dr. (UFFS)

“Trabalhe em silêncio, lute, cuide e conquiste. Ninguém precisa saber das tuas batalhas, das tuas vitórias. Deixe que o teu sucesso faça barulho”.

Autor Desconhecido

RESUMO

PROPOSIÇÃO DE UMA UEPS: CONTRIBUIÇÕES PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS DE MECÂNICA

AUTOR: Vágner Schillreff Diniz
ORIENTADOR: Profº Drº Dioni Paulo Pastorio

No presente trabalho uma proposta pedagógica de ensino da Mecânica é apresentada, a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) desenvolvida com o objetivo de investigar quais características deve ter uma UEPS sobre conceitos de Mecânica capaz de contribuir para uma aprendizagem significativa de alunos da 1ª série do Ensino Médio, que servirá de base para criação de um Mundo Virtual 3D. Essa pesquisa caracteriza-se como qualitativa com enfoque na análise do conteúdo e é fundamentada teoricamente a partir de referenciais específicos relacionados a Teorias de Aprendizagem, sendo elas: Teoria da Mediação, Teoria de Aprendizagem Significativa e a Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica. A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) está norteada por quatro questões de pesquisa, que englobam a utilização do Mundos Virtuais Tridimensionais (MV3D) para o Ensino de Física sob a perspectiva dos tópicos de aprendizagem abordados, suas formas de aplicação e métodos de avaliação do ensino e aprendizagem. A RSL foi desenvolvida através da busca e análise de artigos, teses e dissertações publicados em Periódicos Acadêmico-Científicos e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) que tratam da construção e utilização de MV3D no âmbito educacional, com foco no ensino de Física. As fases da RSL: Definição, Execução e Análise, forneceram um panorama da pesquisa sobre o tema na área de ensino de física/educação em ciências, com a indicação das principais características dos estudos, sendo elas conteúdos e plataformas utilizadas no desenvolvimento e utilização do MV3D, bem como suas contribuições e potencialidades no processo de ensino e aprendizagem de Física. Apesar do caráter exploratório desta pesquisa, a mesma tem por objetivo principal, caracterizar as produções da área, relacionados ao tema já destacado. Além disso, nossa proposição didática pode ser resumida apresentando as seguintes características: primeiro a importância em buscar por pré-concepções adquiridas em física dos alunos do 1º ano do ensino médio; segundo o planejamento de atividades práticas experimentais pelo professor para construção dos conceitos fundamentais e das Leis da Física; terceiro a importância da orientação do professor nas conclusões dos alunos ao desenvolver as atividades práticas relacionadas com os conceitos físicos de força, movimento, leis de Newton, atração gravitacional, a fim de explicar a dinâmica e funcionamento dos brinquedos da pracinha (balanço, gangorra, escorregador e gira-gira). Nesse sentido, a UEPS é estruturada a partir de oito passos descritos por Moreira (2016), direcionados para atividades didáticas reais a fim de que o aluno possa aprender “a física da pracinha”.

Palavras-Chave: Mecânica; Aprendizagem Significativa; Mundo Virtual Tridimensional (MV3D); Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS; Revisão Sistemática da Literatura – RSL.

ABSTRACT

PROPOSAL OF A UEPS: CONTRIBUTIONS TO SIGNIFICANT LEARNING OF MECHANICAL CONCEPTS

AUTHOR: Vágner Schillreff Diniz
LEADER: Prof. Dr. Dioni Paulo Pastorio

In the present work, a pedagogical proposal for the teaching of Mechanics is presented, based on a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) developed with the aim of investigating what characteristics a UEPS should have on Mechanics concepts capable of contributing to a significant learning of students of the 1st grade of High School, which will serve as a basis for the creation of a 3D Virtual World. This research is characterized as qualitative with a focus on content analysis and is theoretically based on specific references related to Learning Theories, namely: Mediation Theory, Meaningful Learning Theory and Critical Meaningful Learning Theory. The Systematic Literature Review (RSL) is guided by four research questions, which encompass the use of Three-Dimensional Virtual Worlds (3DVM) for Physics Teaching from the perspective of the learning topics covered, their forms of application and evaluation methods of the teaching and learning. The RSL was developed through the search and analysis of articles, theses and dissertations published in Academic-Scientific Periodicals and in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) that deal with the construction and use of MV3D in the educational field, with a focus on teaching Physical. The RSL phases: Definition, Execution and Analysis, provided an overview of research on the subject in the area of teaching physics/science education, with an indication of the main characteristics of the studies, which are contents and platforms used in the development and use of the MV3D, as well as its contributions and potentialities in the teaching and learning process of Physics. Despite the exploratory nature of this research, its main objective is to characterize the productions in the area, related to the theme already highlighted. In addition, our didactic proposition can be summarized by presenting the following characteristics: first, the importance of searching for preconceptions acquired in physics by students in the 1st year of high school; second, according to the planning of practical experimental activities by the teacher for the construction of fundamental concepts and the Laws of Physics; third, the importance of the teacher's guidance in the students' conclusions when developing practical activities related to the physical concepts of force, movement, Newton's laws, gravitational attraction, in order to explain the dynamics and functioning of the playground toys (swing, seesaw, slide and spinner). In this sense, the UEPS is structured from eight steps described by Moreira (2016), aimed at real didactic activities so that the student can learn “the physics of the square”.

Keywords: Mechanics; Meaningful Learning; Three-Dimensional Virtual Worlds (MV3D); Potentially Significant Teaching Unit – UEPS; Systematic Literature Review – RSL.

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Fases da RSL.....	74
Quadro 3 - Banco de Dados: Primeira Busca.....	78
Quadro 4 - Trabalhos selecionados na Etapa 3 da RSL	79
Quadro 5 - Processo de Análise dos Dados.....	83
Quadro 6 - Composição de conteúdos conceituais.....	84
Quadro 7 - UEPS proposta.....	100
Quadro 8 - Grandezas, unidades e conversão de unidades.....	159

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pracinha de brinquedo	99
Figura 2 - Gangorra	104
Figura 3 - Animação do movimento da gangorra.....	105
Figura 4 - Corpos em equilíbrio na gangorra	105
Figura 5 - Menu apps de Física	106
Figura 6 - Princípio das alavancas	107
Figura 7 - Menu Phet Colorado	107
Figura 8 - Balançando na gangorra.....	108
Figura 9 - Balanço	111
Figura 10 - Movimento do balanço	111
Figura 11 - Simulação do movimento circular uniforme	112
Figura 12 - Simulação do pêndulo simples	113
Figura 13 - Simulação do pêndulo simples	113
Figura 14 - Movimento da criança	114
Figura 15 - Gira-gira.....	116
Figura 16 - Simulação do carrossel	118
Figura 17 - Simulação do carrossel em movimento	118
Figura 18 - Simulação da montanha-russa	118
Figura 19 - Escorregador	121
Figura 20 - Escorregando	122
Figura 21 - Plano inclinado	123
Figura 22 - Ponto de rotação de uma barra.....	144
Figura 23 - Rotação de uma barra sentido horário	145
Figura 24 - Rotação de uma barra sentido anti-horário	145
Figura 25 - Circunferência.....	147
Figura 26 - Deslocamento angular, deslocamento escalar e raio da circunferência.....	148
Figura 27 - Definição de um radiano (1 rad).....	149
Figura 28 - Pêndulo simples	152
Figura 29 - Resultante centrípeta.....	153
Figura 30 - Plano Inclinado	161
Figura 31 - Plano inclinado com atrito	163

Figura 32 - Lançamento vertical	164
Figura 33 - Lançamento vertical	166
Figura 34 - Movimento de um satélite	166
Figura 35 - Movimento circular	167
Figura 36 - Força aplicada na horizontal	168
Figura 37 - Elevador suspenso	169
Figura 38 - Lançamento horizontal	171
Figura 39 - Forças atuantes	173
Figura 40 - Equilíbrio horizontal	174
Figura 41 - Equilíbrio horizontal	174

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Trabalhos encontrados nos periódicos selecionados durante a Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3	82
Gráfico 2 - Período Cronológico das publicações	95

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CIED	Centros de Informática Educativa
CF	Constituição Federal
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DE	Dados para Extração
EDUCOM	Educação com Computadores
ENCITEC	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
ETD	Revista Educação Temática Digital
EUA	Estados Unidos da América
FAI	Física Auto Instrutiva
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GETEF	Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física
HC	História da Ciência
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
JED	Jogo Educacional Digital
LDVs	Laboratórios Didáticos Virtuais
LRA	Laboratório Remoto Aumentado
MBA	Mecanismos de Busca Acadêmicos
MEC	Ministério de Educação e Cultura
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
MV	Mundo virtual
MV3D	Mundos Virtuais Tridimensionais
NSF	<i>National Science Foundation</i>
NTE	Núcleos de Tecnologia Educacional
PAC	Periódicos Acadêmico-Científicos
PBEF	Projeto Brasileiro de Ensino de Física
PBLE	Programa Banda Larga nas Escolas
PEF	Projeto de Ensino de Física
PI	Projeto Inicial
PROINFO	Programa Nacional de Tecnologia Educacional
PRONINFE	Programa Nacional de Informática na Educação
PSSC	<i>Physical Science Study Committee</i>
QP1	Questão de Pesquisa Um
QP2	Questão de Pesquisa Dois
QP3	Questão de Pesquisa Três
QP4	Questão de Pesquisa Quatro
RA	Realidade Aumentada
RBECT	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
RBIE	Revista Brasileira de Informática na Educação
RENOTE	Revista Novas Tecnologias na Educação
RSL	Revisão Sistemática de Literatura

RV	Realidade Virtual
SEI	Secretaria Especial de Informática
SENETE	Secretaria de Educação Tecnológica
SL	<i>Second Life</i>
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TDIC	Tecnologia Digital de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativa
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
USP	Universidade de São Paulo
VRML	<i>Virtual Reality Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY	20
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	23
2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MARCO ANTÔNIO MOREIRA	26
2.4 AS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS	29
3 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE FÍSICA	34
3.1 A ERA DA RENOVAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	35
3.1.1 <i>Physical Science Study Committee – PSSC</i>	36
3.1.2 <i>Project Physics Course - Projeto Harvard</i>	38
3.1.3 <i>Projeto Nuffield</i>	40
3.1.4 <i>Projeto Piloto</i>	41
3.1.5 <i>Física Auto - Instrutivo – FAI</i>	42
3.1.6 <i>Projeto de Ensino de Física – PEF</i>	44
3.1.7 <i>Projeto Brasileiro de Ensino de Física – PBEF</i>	46
3.2 O QUE OS PROJETOS DEIXARAM?	47
4 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO APLICADAS AO ENSINO	52
4.1 POLÍTICAS DE INCLUSÃO DAS TIC NO ENSINO	52
4.2 AS POSSIBILIDADES E POTENCIALIDADES DE RECURSOS TECNOLÓGICOS VOLTADOS AO ENSINO DE FÍSICA	56
4.2.1 <i>Mundo Virtual Tridimensional (MV3D)</i>	63
5 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS E METODOLÓGICOS	69
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	72
6.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MONDOS VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA	73
6.1.1 <i>Definição das Questões de Pesquisa (QP) da RSL</i>	74
6.1.2 <i>Fonte de Pesquisa e String de Busca</i>	75
6.1.3 <i>Execução da Revisão</i>	77

6.1.4 Extração dos Dados	82
6.1.5 Análise e Discussão dos Resultados	84
6.1.5.1 QP1) <i>Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?</i>	84
6.1.5.2 QP2) <i>Como tem sido abordado os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no ensino de Física?</i>	90
6.1.5.3 QP3) <i>Como tem sido avaliado a utilização do MV3D no ensino de Física?</i>	93
6.1.5.4 QP4) <i>Qual o período cronológico que ocorreu as publicações dos trabalhos?</i>	95
6.1.6 Considerações Finais	96
7 PROPOSIÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) – ENSINO DE CONCEITOS DE MECÂNICA	99
7.1 CARACTERIZAÇÃO DE ESPAÇO DA PESQUISA	101
7.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO DE PESQUISA	102
7.3 ASPECTOS GERAIS DAS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)	102
7.3.1 Primeira Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)	102
7.3.2 Segunda Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)	109
7.3.3 Terceira Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)	115
7.3.4 Quarta Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)	120
8 CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS	124
REFERÊNCIA	127
APÊNDICE A - CONTEÚDOS DA PRIMEIRA UEPS	137
APÊNDICE B - CONTEÚDOS DA SEGUNDA UEPS	147
APÊNDICE C - CONTEÚDOS DA TERCEIRA UEPS	154
APÊNDICE D - CONTEÚDOS DA QUARTA UEPS	157
APÊNDICE E - PRÉ-TESTE	164

1 INTRODUÇÃO

Na Base Nacional Comum Curricular – BNCC a disciplina de Física pertence a área de conhecimento denominada Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa área define,

[...] competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza. (BNCC, 2020, p. 547).

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias têm por objetivo propiciar aos alunos a capacidade de interpretar o mundo, compreender os processos e os fenômenos sociais, políticos e culturais. Neste contexto, o processo investigativo pode ser entendido como sendo o elemento central na formação dos estudantes, cujo ensino deve estar atrelado a situações didáticas planejadas e aplicadas ao longo de toda a educação escolar. Esse fator possibilitará ao aluno uma autonomia crítica e reflexiva acerca do mundo em que vive, para que o mesmo faça uso adequado dos conhecimentos e procedimentos científicos necessários para a resolução de seus problemas cotidianos.

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias constituem-se em um campo extremamente fértil para a proposição de atividades de enriquecimento curricular educacional. A Lei das Diretrizes Nacionais da Educação Básica (LDB) fomenta dois conceitos fundamentais para o desenvolvimento da questão curricular no Brasil. O primeiro conceito estabelece a relação entre o que é básico-comum e o que é diverso em matéria curricular: **as competências e diretrizes são comuns, os currículos são diversos**. O segundo conceito se refere ao foco do currículo. Ao dizer que os conteúdos curriculares estão a serviço do desenvolvimento de competências, a LDB (BRASIL, 1996) orienta a definição das aprendizagens essenciais, e não apenas dos conteúdos mínimos a serem ensinados.

Segundo o Artigo 26 da LDB (1996), existe uma relação entre o que é básico-comum e o que é diverso, sendo,

[..] os currículos da Educação Infantil, do Ensino Fundamental e do Ensino Médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (BRASIL, 1996).

A diversificação curricular na escola, além da apropriação do conhecimento específico das áreas por parte do aluno, possibilitará ao mesmo uma ampliação do leque de escolhas futuras tanto no mundo do trabalho como na prática social. Sendo assim, o ensino de Ciências deve promover situações didáticas nas quais os alunos possam desenvolver as habilidades e competências específicas previstas para esta área segundo a BNCC (2020, p. 547). Os conteúdos e as competências escolhidas durante a formação escolar, devem estar organizados de acordo com critérios próprios, a fim de satisfazer tanto a necessidade de consolidação do conhecimento da área como as propriedades estabelecidas no projeto da unidade escolar, estando em consonância com os interesses dos alunos, bem como da sociedade e da realidade em que o mesmo está inserido. Torna-se necessário considerar as possibilidades de preparação para o trabalho e o aprofundamento do conhecimento sempre que os recursos pedagógicos de ensino permitirem.

É ponto fundamental da nossa proposta o oferecimento e oportunidades de manipular e observar diretamente fenômenos físicos que ocorrem nos brinquedos da “pracinha de brinquedo” que, por sua vez, vem oportunizar a abstração empírica dos conceitos físicos a serem compreendidos. Sendo assim, criamos situações provocadoras de aprendizagem em Física. Elas têm, por objetivo, propiciar a todos os sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem o desenvolvimento e aquisição do conhecimento científico. Acreditamos que a abordagem dos conteúdos de Mecânica a partir de atividades experimentais oportuniza ao aluno a compreensão da importância do estudo da Física. Sendo que as mesmas visam desenvolver os conteúdos de forma integrada, promovendo uma aprendizagem significativa e despertando o desejo pelo saber, a curiosidade e o questionamento, fontes do conhecimento (ROSA, 1995).

Acreditamos que uma proposta pedagógica para o ensino e aprendizagem de Mecânica com o uso do espaço da "pracinha de brinquedo" pode contribuir para o ensino e aprendizagem da Mecânica na 1^o série do ensino médio. A proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) potencializa o diálogo construtivista entre professor, estudante e conhecimento científico, apresentando em sua estrutura categorias de atividades experimentais, que tornará o professor mediador do conhecimento, um facilitador na construção do saber.

Assim, devemos entender a mediação como uma posição humanizadora, positiva, construtiva e potencializadora no complexo mundo da relação educativa. Na base desse construto dinâmico encontra-se o conceito de “desenvolvimento potencial” de Vygotski. (TÉBAR, 2011, p. 74).

Desta forma foram organizadas e apresentadas quatro propostas de atividades experimentais reais, as quais tratam de atividades didáticas na pracinha de brinquedo, como sugestão (possibilidade) aos professores para aproveitamento dos recursos tecnológicos da atualidade de acordo com a Revisão Bibliográfica apresentada no Cap. VI.

Como mencionado anteriormente, neste trabalho o enfoque principal é a aprendizagem de conceitos relacionados à Mecânica no Ensino Médio. A delimitação e escolha do tema foi devido à presença de conceitos relacionados a este na vida cotidiana dos alunos, principalmente no que tange o desenvolvimento da criança quando a mesma brinca em uma pracinha e adquire preconceções em Física. Diante do exposto e tendo como foco a Teoria da Aprendizagem Significativa, é proposto o seguinte problema de pesquisa: Quais características deve ter uma UEPS sobre conceitos de Mecânica capaz de contribuir para uma aprendizagem significativa de alunos da 1ª série do Ensino Médio?

Na busca por respostas ao problema exposto, é apresentada a proposta de objetivo geral da pesquisa:

- Investigar quais características deve ter uma UEPS sobre conceitos de Mecânica capaz de contribuir para uma aprendizagem significativa de alunos da 1ª série do Ensino Médio.

No decorrer do percurso metodológico, elencamos os seguintes objetivos específicos:

- Construir UEPS, desenvolvendo uma sequência didática com atividades experimentais, fundamentadas nos recursos tecnológico/digitais;
- Definir os requisitos de aplicação em sala de aula e as respectivas estratégias de interação do usuário com as atividades práticas propostas através do espaço da pracinha de brinquedo;
- Desenvolver uma Revisão Sistemática de Literatura acerca da construção de um ambiente virtual de aprendizagem sobre a pracinha de brinquedos;
- Desenvolver um ambiente virtual de aprendizagem como ferramenta para auxílio na construção do conhecimento, baseado no princípio de participação ativa do aluno e na diversidade de recursos tecnológicos e metodologias.

Desse modo, a presente pesquisa está estruturada da seguinte forma: O capítulo I abrange a Introdução da pesquisa. No capítulo II, o referencial teórico é abordado, neste capítulo sendo apresentadas as teorias que podem auxiliar durante o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Mecânica, sendo elas: Teoria da Mediação, proposta por Lev Vygotsky; Teoria de Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel; Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, de Marco Antônio Moreira. A partir disso, preconizamos

alguns pontos cruciais que embasam as teorias da aprendizagem, referencial teórico no qual estão ancoradas as UEPS desenvolvidas no capítulo VII. Além disso, apresentamos de forma geral as características de uma UEPS, sob a óptica do professor Marco Antônio Moreira.

No capítulo III, é apresentado uma discussão sobre a história da ciência e o ensino de física, com a descrição da era da renovação no ensino de ciências; em subcapítulos, são descritos as propostas curriculares do ensino de física que tiveram grande importância na reformulação do ensino de Ciências no mundo todo. No capítulo IV, são apresentadas as Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC aplicadas ao ensino, com um breve histórico da inclusão das TIC no ensino brasileiro, bem como, as possibilidades e potencialidades de recursos tecnológicos atuais voltados ao ensino de física.

No capítulo V, são apresentados os procedimentos didáticos e metodológicos da pesquisa. No capítulo VI, a revisão bibliográfica é apresentada, norteada pelo procedimento de Revisão Sistemática da Literatura – RSL, apresentando os resultados da busca e análise dos artigos, teses e dissertações publicados em Periódicos Acadêmico-Científicos (PAC) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) que tratam da construção e utilização de Mundos Virtuais 3D (MV3D) no âmbito educacional, com foco no ensino de Física, considerando o recorte temporal entre 2008 e 2020. O objetivo da busca é mapear se já existem publicações que mostram recursos deste tipo, fazendo discussões similares às que propomos aqui. Por fim, no capítulo VII, o desenvolvimento da proposta da UEPS direcionada para o ensino de conceitos de Mecânica, além das considerações e perspectivas referentes à essa dissertação serem explicitadas.

A fim de compreender o processo que envolve o desenvolvimento e a sequência da nossa pesquisa, é inevitável pontuarmos algumas modificações no contexto social, pois de maneira drástica, nossas vidas como seres humanos estão postas à prova frente a atual pandemia.

Ao final de 2019, na cidade de Wuhan, localizada na província de Hubei, na China, ocorreu um surto de pneumonia de causa até então desconhecida. Em janeiro do ano de 2020, pesquisadores chineses identificam um novo vírus, batizando o mesmo de SARS-CoV-2, pertencente à família *Coronaviridae*, como o agente etiológico responsável pela chamada síndrome respiratória aguda, popularmente conhecida como COVID-19 (CAVALCANTE et al., 2020). Até então, pouco se divulgava sobre o surto do vírus, imaginava-se que seria um surto de pneumonia de caso isolado. Porém, não foi o que ocorreu. Em pouco tempo o vírus espalhou-se por todas as partes do mundo, com uma taxa de transmissão e infecção mais alta que as gripes comuns.

No Brasil, os primeiros casos ligados à pandemia de COVID-19 (novo Coronavírus), começaram a surgir após a repatriação dos brasileiros que viviam em áreas já afetadas pela pandemia. Não se sabe ao certo, mas quinze dias após esse movimento surge o primeiro caso registrado da doença em solo brasileiro. De forma assustadora, a COVID-19, que já vitimava milhares de pessoas em diferentes partes do mundo, passa a ser fonte de preocupação de todos os brasileiros (CAVALCANTE et al., 2020).

Esse “novo cenário” causado pela pandemia, afetou o contexto social/econômico e alguns hábitos, considerados até então “normais”, tiveram de ser modificados ou mesmo restringidos. Com o crescente aumento no número de pessoas infectadas pelo COVID-19 no Brasil, o Presidente da República, em conjunto com o congresso nacional, sancionou medidas de proteção à coletividade, adotadas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente à pandemia causada pelo COVID-19 (Art. 3º da Lei Federal nº 13.979, de 3 de Fevereiro de 2020). Diante das evidências científicas e análise sobre as informações estratégicas de saúde, duas medidas sanitárias impactaram diretamente na vida social, bem como diversas atividades em todos os setores da sociedade, sendo estas o isolamento e quarentena, obrigando-nos a um distanciamento presencial entre pessoas, inclusive familiares. Devido a essa circunstância, a pesquisa passou por momentos de definição e redefinição conforme apresentado no esboço do trabalho desenvolvido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista que o objetivo dessa pesquisa é investigar quais características deve ter uma UEPS sobre conceitos de Mecânica capaz de contribuir para uma aprendizagem significativa de alunos da 1ª série do Ensino Médio, torna-se necessário buscar teorias de aprendizagem que nos deem argumentos que compreendam os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de Mecânica.

Com base nisso, apresenta-se neste capítulo as teorias que podem auxiliar no ensino de física, preconizados pela: Teoria da Mediação, proposta por Lev Vygotsky; Teoria de Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel; Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, de Marco Antônio Moreira. A partir disso, traremos alguns pontos cruciais que embasam as teorias da aprendizagem, referencial teórico no qual estarão ancoradas as UEPS desenvolvidas. Além disso, discutiremos de forma geral as características de uma UEPS, sob a óptica do professor Marco Antônio Moreira, e como esse recurso didático pode ser implementado junto ao ensino de Física.

2.1 TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY

A mediação e a compreensão dos conceitos científicos, na ótica de Lev Vygotsky, ocorrem no desenvolvimento das chamadas funções psicológicas superiores, que têm em comum, segundo Vygotsky (2001, p. 161) “[...] o fato de serem processos mediados, melhor dizendo, de incorporarem à sua estrutura, como parte central de todo processo, o emprego de signos como meio fundamental de orientação e domínio dos processos psíquicos”.

Essas funções superiores são frutos das interações sociais, históricas e culturais que o indivíduo tem com o mundo que o cerca e são caracterizadas por serem intencionais, conscientemente controladas pelo indivíduo, distinguindo-o dos demais animais que só apresentam funções psicológicas elementares, também presentes nos humanos, mas que são de origem biológica, caracterizadas por serem determinadas por estimulação do meio. Vygotsky acredita que o desenvolvimento intelectual da criança estrutura-se a partir das interações sociais que ocorrem durante sua vivência. O que a criança vivencia e experimenta irá impactar no seu desenvolvimento intelectual, essas experiências estão relacionadas diretamente com as questões sociais, que afetam o pensamento, a cognição, a aprendizagem e o saber do indivíduo.

Para Vygotsky (1998) as relações que o homem desenvolve com o meio não se dão de maneira direta. Pelo contrário, ocorre de forma indireta, por meio de elementos mediadores, sendo eles: instrumentos e signos. Os instrumentos são elementos externos ao homem e são criados com o objetivo de auxiliar o homem na prática de tarefas específicas. Os instrumentos são impregnados de significados culturais oriundos da atividade humana para qual foi desenvolvido. Segundo Leontiev (1978, p. 163),

O instrumento não é para o homem um simples objeto de forma exterior determinada e possuindo propriedades mecânicas definidas, ele manifesta-se-lhe como um objeto no qual gravam modos de ação, operação de trabalho socialmente elaboradas. (LEONTIEV, 1978, p. 163).

O signo, por sua vez, age diretamente sobre o indivíduo, ou seja, é orientado internamente. São tidos como instrumentos psicológicos, pois tem a função de auxiliar o homem em suas atividades psíquicas. “A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico [...]” (VYGOTSKY, 1999, p 70).

A maneira como um signo age como elemento mediador se dá por meio da estrutura de operações com signos que requer um elo intermediário na relação direta Estímulo Resposta (SR) de uma ação, de tal maneira que ela não seja mais direta. Assim, nessa situação atua como um estímulo de segunda ordem no interior dessa operação, criando uma nova relação entre S e R (VYGOTSKY, 2001). Para Vygotsky (1999, p. 54) essa relação configura um novo processo onde

O elo intermediário nessa fórmula não é simplesmente um método para aumentar a eficiência da operação preexistente, tão pouco representa meramente um elo adicional na cadeia S-R. Na medida em que esse estímulo auxiliar possui funções específicas de ação reversa, ele confere à operação psicológica formas qualitativamente novas e superiores, permitindo aos seres humanos com auxílio de estímulos extrínsecos, controlar seu próprio comportamento. O uso de signos conduz os seres humanos a uma estrutura específica de comportamento que se destaca do desenvolvimento biológico e cria novas formas de processo psicológico enraizados na cultura. (VYGOTSKY, 1999, p. 54).

A linguagem é um dos signos utilizados pelo homem que permite: a comunicação entre seus pares; dar significado a objetos e ações; a realização de processos de abstração e generalização. Vygotsky percebeu, através de seus estudos, que a linguagem constitui-se como um instrumento, uma ferramenta usada pelo ser humano para controlar e comunicar-se

com o ambiente, estabelecendo assim uma nova relação comum com seu exterior. Durante seu estudo, Vygotsky caracteriza o papel da linguagem na infância durante o desenvolvimento da criança. Em um primeiro estágio a criança fala enquanto realiza a tarefa, ela precisa falar enquanto age. Em um estágio mais avançado, a fala precede a ação, a criança planeja, fala antes de agir, fazendo uso da linguagem como instrumento planejador de uma ação.

Outra característica dos signos é que eles podem ser compartilhados por pessoas pertencentes a um determinado grupo social, permitindo uma comunicação eficiente entre os indivíduos que compõem esse grupo. Uma comunidade científica é um grupo social que compartilha signos como, por exemplo, os modelos científicos elaborados para representar um determinado fenômeno físico. Mas, pelo fato de alguns modelos científicos serem muito difíceis de compreender, essa comunicação fica comprometida. Considera-se que o uso das TIC nessa situação pode auxiliar a compreensão desses modelos difíceis, demasiadamente abstratos, pois de acordo com Vygotsky:

A introdução de uma nova ferramenta cultural num processo ativo, inevitavelmente o transforma. Nessa visão, recursos mediadores como a linguagem e as ferramentas técnicas não facilitam simplesmente as formas de ação que irão ocorrer, mas alteram completamente a estrutura dos processos mentais. (VYGOTSKY, 1981, p. 137).

Para Vygotsky, é por meio da interação que a aprendizagem irá acontecer e potencializar-se. Para ele, o aprendizado e o conhecimento estão inter-relacionados desde o nascimento. Procurando esclarecer essa relação entre aprendizagem e desenvolvimento, Vygotsky sugere uma dimensão do aprendizado atribuindo o nome de Zona de Desenvolvimento Proximal. A Zona de Desenvolvimento Proximal seria uma lacuna, uma distância entre o nível de desenvolvimento potencial e o nível de desenvolvimento real. O nível de desenvolvimento potencial é aquilo que a criança consegue fazer com a ajuda de alguém. Há um potencial para aprender, ela consegue fazer com a ajuda de uma pessoa mais capacitada. O nível de desenvolvimento real é o que a criança consegue fazer sozinha. Seriam as funções que ainda não amadureceram.

Em uma abordagem construtivista de Vygotsky, abordado por Moreira (2009), a interação social, de pelo menos duas pessoas intercambiando significados, é considerada fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. Ele enfatiza:

Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não

há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos envolvidos no processo ensino-aprendizagem devam falar e tenham oportunidade de falar. (MOREIRA, 2009, p. 23).

Para a conversão de relações sociais em funções mentais é necessária uma mediação indireta utilizando um elemento comum entre locutor e interlocutor (linguagem), que inclui instrumentos e signos que são construções sociais, históricas e culturais. Surge uma ideia de broto começando a se desenvolver, por isso a importância da vivência, da experiência, do contato com o mundo externo. É pela experiência que a criança vivencia e é pelo contato com o outro, é com acompanhamento, que a criança consegue realizar algo. É importante relacionar a competência interna desse desenvolvimento mental, com o desenvolvimento externo para chegar ao nível de desenvolvimento real, que é quando a criança consegue realizar algo sozinha, sem a ajuda de ninguém.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Para Ausubel (1963, p. 58), aprendizagem significativa “[...] é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”. A aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição/construção de significados. “É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz [...]”. (AUSUBEL, 1963, p. 58).

A teoria de David Ausubel parte do princípio fundamental de que para ocorrer a aprendizagem significativa é necessário a existência de duas condições, sendo elas: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A primeira dessas condições vai depender de dois fatores: a natureza do material a ser aprendido e a natureza da estrutura cognitiva do aluno. A natureza do material, conforme Moreira (2000), deve ter significado lógico, ou seja, deve-se relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva, sendo esta apropriada e relevante. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aluno, este por sua vez deve ter em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. A segunda condição se refere ao aluno querer relacionar os novos conhecimentos. Para tanto, não é suficiente que o material seja potencialmente significativo se a intenção do estudante seja somente memorizá-lo literalmente.

Segundo Ausubel (1978, p. 04) “[...] se tivesse que reduzir toda a sua psicologia, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo”. Para Ausubel, é necessário ensinar a partir do pressuposto que o aluno possui uma bagagem de conhecimentos internalizados na estrutura cognitiva de acordo com experiências já vivenciadas. Quando ele faz referência à expressão “averigue isso”, significa desvendar a estrutura cognitiva prévia. Esse fator possibilitará identificar os conceitos organizadores básicos do conteúdo a ser ensinado e, por consequência, expandir os recursos e princípios que facilitem a aprendizagem significativa. Essa aprendizagem é um processo no qual uma nova informação interage com uma estrutura de conhecimento mais específico, estrutura esta denominada por Ausubel como “conceito subsunçor” ou simplesmente “subsunçor”. Segundo Moreira,

O subsunçor é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir como “âncora” a uma nova informação que esta, adquira assim, significado para o indivíduo, isto é, que ele tenha condições de atribuir significado a essa informação. (MOREIRA, 2006, p.15).

Esse processo é chamado de “âncora”, em que os novos conhecimentos se “âncora” em conhecimentos preexistentes, assim o novo conhecimento adquire significados e o conhecimento prévio adquire novos significados. Nessa interação existente, os dois se modificam, havendo uma assimilação do novo conhecimento. Desse modo a aprendizagem será significativa à medida que as novas informações interagem com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos. Se não ocorrer essa interação a aprendizagem torna-se mecânica e o conteúdo é armazenado sem associação na estrutura cognitiva, ou seja, não há interação entre o novo conhecimento e o conhecimento já armazenado. Conforme Santarosa (2013, p. 84) “[...] na aprendizagem mecânica as informações são retidas brevemente, ao passo que na aprendizagem significativa as informações têm chance de ficarem retidas por um longo período de tempo”. Ausubel não considera a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como se fossem dicotômicas. O autor compreende que elas formam um conjunto de elementos, ou seja, a aprendizagem mecânica em alguns casos é necessária, e pode vir a tornar-se significativa posteriormente se forem estabelecidos os significados e as relações necessárias.

A fim de facilitar a aprendizagem significativa, quando o aluno não possui os subsunçores desejáveis, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios. Esses organizadores são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido,

servindo como “ponte” entre o conhecimento que o aluno possui e o que ele deve saber. Ainda, cabe destacar que, conforme Moreira (2008, p 3), o organizador prévio deve ser capaz de:

- 1 – identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 – dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 – promover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, promover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2008, p. 3).

Esse organizador prévio possui como função vital fornecer subsunçores ao aprendiz, a fim de que ele consiga compreender o material potencialmente significativo. Nesse sentido, podemos dizer que os organizadores prévios são um elemento importante, embora nem sempre necessários, que trarão a subsistência ao instrumento chave para que ocorra a aprendizagem significativa: o material potencialmente significativo. Ausubel (1973) propõe alguns princípios fundamentais para que a aprendizagem seja significativa, sendo eles, “[...] a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora”. No primeiro princípio os subsunçores são constantemente elaborados, modificados, adquirindo novos significados, ou seja, progressivamente diferenciados. No que se refere à reconciliação integradora, a programação do material realizada pelo docente deve ser feita de forma a explorar as relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas. Na reconciliação as novas informações são adquiridas e os elementos existentes na estrutura cognitiva se reorganizam adquirindo novos significados. Por essa razão, o material potencialmente significativo a ser apresentado ao aluno deve “provocar” o aprendiz com temas que inicialmente envolvem o seu cotidiano, a fim de gerar e despertar em si o espírito investigativo.

Com relação à busca de indícios de aprendizagem significativa, o autor sugere a utilização de novas situações que sejam diferentes e não familiares para os estudantes, que exijam o esforço dos mesmos em transformar o conhecimento adquirido para as novas situações. Ainda no sentido de buscar evidências de aprendizagem significativa, Ausubel indica que sejam propostas tarefas de forma sequencialmente dependentes, de modo que não possa ser executada a tarefa sem a real compreensão da tarefa anterior. Com isso torna-se possível observar se houve de fato a aprendizagem dos conceitos com intuito de priorizar a relação entre eles em diferentes situações.

2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MARCO ANTÔNIO MOREIRA

Baseado na perspectiva de Moreira (2000, p. 07), Aprendizagem Significativa Crítica “[...] é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Segundo o autor, “[...] é através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias”. (MOREIRA, 2000, p. 07). Pode-se afirmar que através da aprendizagem significativa crítica o aluno vivencia construtivamente as mudanças que ocorrem na sociedade contemporânea, sem deixar-se dominar por ela. Assim o sujeito, segundo Moreira, poderá:

Usufruir da tecnologia sem a necessidade de idolatrá-la; mudar sem ser dominado pela mudança; viver em uma economia de mercado sem deixar que este resolva sua vida; aceitar a globalização sem aceitar suas perversidades; conviver com a incerteza, a relatividade, a causalidade múltipla, a construção metafórica do conhecimento, a probabilidade das coisas, a não dicotomização das diferenças, a recursividade das representações mentais; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas; manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo; usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. (MOREIRA, 2000, p. 07).

Moreira (2000) fundamenta sua teoria no “Ensino como Atividade Subversiva” (*Teaching as a subversive activity*) de Postman & Weingartner (1969) no qual afirmam que “[...] a aprendizagem é subversiva, sendo esta uma estratégia para sobrevivência na sociedade contemporânea”. Assim segundo os autores Postman & Weingartner:

Qualquer tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro drasticamente em transformação, do que aquela que promovesse conceitos e atitudes, dos quais os mais óbvios eram:

1. O conceito de "verdade" absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má;
2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta "certa", e é absolutamente "certa";
3. O conceito de entidade isolada, ou seja, "A" é simplesmente "A", e ponto final, de uma vez por todas;
4. O conceito de estados e "coisas" fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a "coisa";
5. O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a ideia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa;
6. O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom-ruim, certo-errado, sim-não, curto-comprido, para cima-para baixo, etc;
7. O conceito de que o conhecimento é "transmitido", que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento. (POSTMAN & WEINGARTNER, 1969, p. 217).

Possivelmente através desta educação, “[...] resultariam personalidades passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras que resistiriam à mudança para manter intacta a ilusão da certeza”. (POSTMAN & WEINGARTNER, 1969, p. 217). Embora devesse preparar o aluno para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores e tecnologias, na época a escola ainda não apresentava a perspectiva de ensinar conceitos “fora de foco”. A educação atual, segundo Moreira (2000, p. 04), “[...] continua a promover vários dos conceitos que Postman & Weingartner (1969) criticavam, ainda se ensinam "verdades", respostas "certas", entidades isoladas, causas simples e identificáveis, estados e "coisas" fixos, diferenças somente dicotômicas”. É possível dentro do contexto do ensino identificar a mera transmissão do conhecimento e o abandono do questionamento por parte do aluno. Segundo o autor, “[...] o discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o "aprender a aprender" que permitirá ao aluno lidar frutiferamente com a mudança, e sobreviver”. (MOREIRA, 2000, p. 04). Para o autor, o ensino, ao invés de ajudar os alunos a construir significados para a aprendizagem, acabou agregando outros conceitos à lista de Postman & Weingartner (1969), sendo eles:

1. O conceito de informação como algo necessário e bom; quanto mais informação, melhor, estamos em plena era da informação;
2. O conceito de idolatria tecnológica; a tecnologia é boa para o homem e está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida;
3. O conceito de consumidor cômico de seus direitos; quanto mais consumir, melhor; quanto mais objetos desnecessários comprar, melhor; mas deve fazer valer seus direitos de consumidor;
4. O conceito de globalização da economia como algo necessário e inevitável; o livre comércio sem restrições é bom para todos;
5. O conceito de que o "mercado dá conta"; por exemplo, a educação é uma mercadoria que pode ser vendida por qualquer instituição, "o mercado se encarrega" da oferta, da procura, da qualidade. (MOREIRA, 2000, p. 04).

A escola, segundo Moreira (2000, p. 04), “[...] ainda transmite a ilusão da certeza, mas procuram atualizar-se tecnologicamente, competindo com outros mecanismos de difusão da informação e, talvez não abertamente, ou inadvertidamente, preparar o aluno para a sociedade do consumo, para o mercado, para a globalização. Tudo fora de foco”.

Porém, para o autor, o ensino subversivo proposto nos estudos por Postman & Weingartner (1969) somente será subversivo se resultar em uma aprendizagem significativa crítica. Essa abordagem possibilita ao aluno construir uma postura de acordo com as mudanças impostas pela sociedade contemporânea sem deixar-se dominar por ela. Segundo Moreira (2000, p. 07) essa postura possibilita ao aluno, “[...] trabalhar com a incerteza, a

relatividade, a não causalidade, a probabilidade a não dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou inversão) nossa, que apenas representamos e nunca o captamos diretamente”.

Com o objetivo de criar um ambiente que promova a aprendizagem significativa crítica, Moreira (2000, p. 07) destaca alguns princípios, ideias ou estratégias, baseados nas proposições de Postman & Weingartner (1969). A seguir são apresentados os princípios a serem desenvolvidos em realidade de sala de aula:

1. Princípio do conhecimento prévio: aprendemos a partir do que já sabemos. Para que a aprendizagem seja crítica, ela deve ser primeiro significativa. Para que a aprendizagem seja significativa, é fundamental considerar aquilo que os estudantes já sabem, os seus conhecimentos prévios.
2. Princípio de Interação social e do questionamento: ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. Um ensino baseado na interação entre professor e aluno, que preconiza e estimula os estudantes a questionar ao invés de apenas responder, tende a despertar a criticidade e, conseqüentemente, proporcionar a aprendizagem significativa crítica.
3. Princípio de não centralidade do livro texto: uso de documentos, artigos, e outros materiais educativos instrucionais, e não apenas o livro texto, é uma forma de facilitar a aprendizagem significativa crítica (não alienação educacional).
4. Princípio do aprendiz como receptor/representador: o estudante é um perceptor e representador do mundo e do que lhe é ensinado (espírito investigativo).
5. Princípio de conhecimento como linguagem: para que se compreenda um conhecimento/conteúdo é preciso conhecer sua linguagem. É a linguagem que torna possível perceber a realidade.
6. Princípio da consciência semântica: ter consciência de que o significado não está nas palavras, mas sim nas pessoas e nas coisas que nomeamos como palavras.
7. Princípio da aprendizagem pelo erro: utilizar o erro para aprender, superando-o e encarando-o como algo natural do ser humano.
8. Princípio da desaprendizagem: deixar de utilizar um conhecimento prévio que impede a captação de significados do novo conhecimento, é um caso em que é necessária uma aprendizagem. Outro caso de desaprendizagem é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, isto é, desaprendê-lo.

9. Princípio da incerteza do conhecimento: o conhecimento é construído com definições, metáforas e perguntas nossas, portanto, por um lado pode estar errado, e por outro depende de como é construído.

10. Princípio da participação ativa do aluno: da diversidade de estratégias de ensino. É complementar ao terceiro. Assim como é previsto diversificar os materiais instrucionais, também é preciso utilizar diferentes estratégias instrucionais, que proporcionem a participação e envolvimento dos estudantes.

11. Princípio do abandono da narrativa: deixar o aluno falar, o professor assume o papel de mediador, em que o estudante é o centro do processo de ensino /aprendizagem.

As mudanças do mundo moderno estão cada vez mais rápidas e drásticas, impactando diretamente a sociedade e, por consequência, a escola. Para tanto, é necessário propiciar aos alunos uma postura mais ativa e investigativa, dialogada, com interação e negociação de significados para construção de uma aprendizagem mais crítica sobre seu contexto social. Segundo Moreira (2000, p. 19), “[...] o ensino deve estar centrado no aluno, sendo o professor mediador do conhecimento”. Ao deixar o aluno falar mais, ele tende a ser ativo, e não passivo. Para que isso aconteça, é necessário o uso das estratégias pedagógicas nas quais os alunos possam: aprender a interpretar; negociar significados; dialogar; ser crítico e a aceitar as críticas. Na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente. Ao mesmo tempo que é preciso viver nessa sociedade, é preciso integrar-se a ela, ser crítico dela, distanciar-se dela e de seus conhecimentos sempre que necessário.

2.4 AS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foram desenvolvidas pelo professor Dr. Marco Antônio Moreira, “[...] são sequências de ensino fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel”. (MACIEL, 2016). A UEPS pode ser descrita como uma sequência didática cujas atividades são organizadas em modo crescente de complexidade do conhecimento. Os materiais potencialmente significativos utilizados em sala de aula devem ser criteriosamente organizados e planejados, pensando sempre no processo de ensino-aprendizagem. O aluno é o centro desse processo e o professor o mediador do conhecimento durante o ato pedagógico, auxiliando o aluno na aquisição de sua criticidade e autonomia do saber durante a construção dos conceitos científicos.

Essas sequências de ensino são estruturadas a partir de oito passos, descritos a seguir por Moreira (2011), sendo eles:

1º Passo: Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico.

2º Passo: Criar/propor situações – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema – que leve o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto de matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta.

3º Passo: Propor situação/problema (em nível introdutório) levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc... mas sempre do modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo.

4º Passo: Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificado, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida da atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.

5º Passo: Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em um nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às

situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente.

6° Passo: Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de recurso computacional, um áudio visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo sempre com a mediação do docente.

7° Passo: A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situação, tarefas resolvidas colaborativamente, registro do professor) como na avaliação somativa.

8° Passo: A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (capacitação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem é significativa e progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Do primeiro ao terceiro passo, são orientações referentes ao processo de organização do conhecimento, em que o professor irá identificar o que os estudantes conhecem sobre a temática a ser trabalhada e, a partir disso, estabelecer, através de organizadores prévios, “âncoras” (subsunçores), condições para o aprendiz compreender as situações de ensino menos complexas e relacioná-las com as etapas futuras (SOUZA & PINHEIRO, 2019).

Os dois passos seguintes estão relacionados a questões mais gerais que serão abordadas na UEPS, de forma que, progressivamente, sejam detalhadas situações mais específicas. Portanto, durante essas etapas deve ocorrer o que o autor denomina de diferenciação progressiva de conceitos, “[...] em que os conceitos mais gerais devem ser percebidos pelos estudantes ao serem confrontados com situações mais específicas. É nesse aspecto, que são estruturados subsunçores mais estáveis e ricos em significados”. (MOREIRA, 2012)

No sexto passo devem ser propostas “[...] novas situações de aprendizagem, aumentando a complexidade de abordagem por meio de atividades diversificadas metodologicamente”. (SOUZA & PINHEIRO, 2019). E, por fim, os dois últimos passos se referem à conclusão do processo de aprendizagem significativa. Nesse sentido, no sétimo passo o professor deve realizar uma revisão dos principais aspectos abordados durante a UEPS e procurar cobrir as possíveis defasagens apresentadas pelos estudantes (reconciliação integrativa). Já o último passo denota a ideia de avaliar a própria UEPS implementada, em que se deve observar a trajetória dos estudantes ao longo do andamento das UEPS.

Por fim, considera-se de grande relevância os princípios, citados por Moreira (2011, p. 02), na elaboração das UEPS, sendo eles:

- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa;
- Organizadores prévios mostram a relação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados por parte do aluno;
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados;
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da

diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

Especificamente no que se refere ao último princípio, o uso de diversidade de materiais e estratégias faz-se necessário para adequar o ensino às características e diferenças de cada aluno. Os materiais, segundo Moreira (2011), “[...] devem ser potencialmente significativos, cuja finalidade é o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. As estratégias ou planejamento podem e devem ser adaptados a cada realidade do ambiente escolar e a cada turma trabalhada. Dessa forma, as UEPS elaboradas contemplam uma diversificada gama de recursos didáticos.

3 A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE FÍSICA

A História da Ciência (HC) tem sido “[...] alvo de diversas pesquisas ligadas ao ensino de ciências, tanto em âmbito nacional quanto internacional” (ZANETIC, 1989). O seu estudo se desenvolve há anos na literatura da área e justifica-se pelo fato de que a partir da História da Ciência constitui-se a humanização da Ciência, podendo assim proporcionar uma melhor compreensão na construção do conhecimento científico. Por meio de abordagens históricas, os professores possuem a oportunidade de romper com a visão de imutabilidade e estabilidade da Ciência e promover o debate sobre as evoluções e principalmente as contradições científicas, conforme destacam Chicóira et al. (2015),

A história da ciência valoriza o caráter mutável da ciência mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos e culturais, derrubando mitos, humanizando gênios e ainda mostrando que o conhecimento científico aceito atualmente é suscetível de transformações. (idem, p. 20177-20178).

De acordo com Silva e Martins (2001), são diversas as formas de utilização da História da Ciência no ensino de Ciências. Tais aplicações dependem do nível de ensino e do objetivo pedagógico que se busca alcançar, destacando-se: aprender teorias científicas e conceitos; discutir sobre a natureza da Ciência; destacar relação entre Ciência e contexto social, dentre outras. Independentemente dos aspectos de utilização, são diversas as vantagens oferecidas pela sua abordagem, dentre elas, de acordo com Matthews (1995, p. 7), podemos destacar que:

- A História promove uma melhor compreensão das concepções e métodos científicos;
- A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do raciocínio individual com o desenvolvimento das ideias científicas;
- A História da Ciência é de grande valor intrínseco;
- A História é necessária para se entender a natureza da ciência;
- A História contribui para neutralizar os dogmas que são comumente encontrados nos textos de ciências e nas aulas;
- A História, examinando a vida e o tempo individualmente dos cientistas, humaniza o assunto da ciência, tornando-o menos abstrato e mais motivador para os estudantes. (MATTHEWS, 1995, p. 7).

Voltando o olhar para o ensino de Física, percebemos que ainda hoje o mesmo se encontra baseado em “[...] fórmulas para “decorar”, e descrever problemas físicos do dia a dia que, embora devam fazer parte do currículo por sua importância, não são exatamente os que fazem os olhos de uma pessoa brilhar.” (FROÉS, 2014, p. 3504-1). Neste contexto, Paulo Freire (2002, p. 12) salienta que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar

possibilidades para a sua produção ou a sua construção [...]”. No ensino de Física, no geral, pouco se contextualiza, sendo, portanto, excluídos aspectos sociais e culturais, de maneira que o estudante considere a Física um componente desconectado do mundo. Em contrapartida é necessário “[...] incentivar à pesquisa, trabalhar a consciência ética e responsável. Não podemos esquecer de que o centro do processo são as pessoas, especialmente os estudantes.” (RAMOS; COPPOLA, 2008, p.12). Nesse sentido, Guerra et al (1998) destaca a necessidade urgente da Física ser revitalizada para que possa servir como instrumento efetivo de reflexão sobre a sociedade. Acredita-se que a partir do conhecimento histórico da Ciência seja possível e menos complexo o entendimento dos conceitos científicos que poderão ser utilizados para a compreensão da realidade, ou seja, do mundo ao qual pertencemos.

Além disso, a maneira como os conceitos físicos são apresentados durante a escolarização contribui para uma visão de que esta ciência está totalmente “acabada”, ou seja, se configura como um processo finalizado por aqueles que consideramos grandes cientistas. Neste sentido,

A utilização da abordagem histórica no ensino de ciências, em especial no Ensino de Física (EF), pode contribuir para problematizar uma visão autoritária e preconceituosa da ciência, alimentando o anseio do estudante diante de uma prática tradicional nas salas de aula que busca apenas o produto final da Ciência, no intuito de simplesmente memorizá-la. (SILVA; TEIXEIRA, PENIDO, 2018, p. 766).

Embora atualmente seja reconhecida a grande importância do uso da História da Ciência para o ensino de todas as áreas das Ciências, ainda é grande a carência de materiais que venham a auxiliar os docentes no ensino e na aprendizagem. Neste âmbito, Teixeira et al. (2012), referindo-se ao ensino de física, destacam “[...] a necessidade do desenvolvimento de trabalhos, referentes à abordagem de História da Ciência, voltados à sala de aula, onde evidenciam-se os reais benefícios de tal utilização”. Sendo este, portanto, um dos focos de nosso trabalho.

3.1 A ERA DA RENOVAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Em 1955, iniciou-se nos Estados Unidos da América (EUA) o movimento de renovação do ensino de Ciência experimental, o qual acabou se estendendo para a Europa e aos demais continentes: África, Ásia e América Latina, compreendendo ao todo mais de cinquenta países no mundo. O desencadeamento da renovação do ensino pode ser atribuído,

em sua maioria, ao *Physical Science Study Committee* - PSSC, um dos mais reconhecidos currículos de Física do mundo (BERGVALL & JOEL, 1964). Além do PSSC, o pioneiro dos novos currículos de Física, a Universidade de *Harvard* (EUA), elaborou mais uma proposta curricular o *Project Physics Course* conhecido como Projeto *Harvard*. Na Inglaterra, o movimento renovador do ensino originou-se através do projeto "*Nuffield Physics*". Já no Brasil a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* "Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura" (UNESCO) promoveu a elaboração e aplicação do Projeto Piloto, cujo tema era, "Física da Luz". Em seguida, originou-se: o PEF - Projeto de Ensino de Física; o FAI - Física Auto Instrutiva; o PBEF - Projeto Brasileiro de Ensino de Física, sendo estes dois últimos de origem brasileira. Os mesmos apresentavam como ponto de partida a proposta inovadora do pioneiro PSSC. Cada um destes projetos será discutido nas próximas seções. Do ponto de vista desta investigação, o resgate destes projetos é de extrema importância visto que a História da Ciência e principalmente a "nova" proposta do currículo do Ensino de Física tiveram seu papel na reformulação do ensino de Ciências no mundo todo.

Entre as modificações contidas nas propostas didáticas de ensino dos diferentes projetos, constata-se: uma nova sequência para os conteúdos; novos objetivos educacionais, agora mais explícitos; a adoção de novas metodologias e técnicas de ensino; um laboratório didático muito ligado aos conteúdos e um comportamento mais ativo do aluno. É nesta perspectiva que faremos uma releitura dos diferentes projetos, procurando extrair as justificativas históricas para a renovação do ensino das ciências experimentais.

3.1.1 *Physical Science Study Committee* – PSSC

O primeiro representante do movimento inovador no ensino de Ciências foi o programa de Física do *Physical Science Study Committee* (Comitê de Estudos de Ciências Físicas) - PSSC, elaborado em 1957 nos EUA. Sua tradução para o português foi liderada por uma equipe composta por professores do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura - IBCEC entre 1961 e 1964, na Universidade de São Paulo - USP. O PSSC teve o mérito de modificar substancialmente a percepção do que se entendia por ensino de Física até aquela época (PSSC, 1970). Independente dos motivos político-ideológicos que justificaram sua elaboração, a proposta metodológica foi revolucionária. Um texto totalmente diferenciado, composto por uma linguagem moderna, que apresentava na sua estrutura uma sequência de "conteúdos novos" diferentes daqueles que eram tratados, incorporando assim alguns tópicos

pouco explorados no corpo dos textos tradicionais naquele período. As questões foram inseridas no próprio texto e o laboratório passou a fazer parte integrante do curso de física, dando à prática experimental um papel relevante na construção dos conteúdos de física, à medida que fazia a inter-relação com os aspectos teóricos dos conteúdos. Em relação às novidades em termos de recursos, vale a pena salientar que filmes foram produzidos especialmente para o programa, caracterizados como ferramentas de ensino.

O PSSC apresentava como diferencial em sua estrutura curricular uma pluralidade de seus meios, com o sincronismo de sua aplicação, e principalmente, na participação ativa do estudante, que era estimulada pelas discussões promovidas pelo professor através das questões abertas, ou pela prática experimental. Uma das premissas da proposta do PSSC era fazer com que o estudante tivesse uma participação mais ativa em todas as atividades, exigindo que os alunos realizassem o experimento ao mesmo tempo. Segundo Barra e Lorenz (1986), “[...] do ponto de vista estrutural, essa exigência deu origem à necessidade de produzir e oferecer equipamentos que se caracterizavam pela simplicidade e robustez”. A simplicidade diminuía o custo e a robustez permitia a manipulação pelos próprios alunos. No início do projeto, ocorreu o envolvimento dos estudantes na construção de seus próprios equipamentos; posteriormente essa ideia foi deletada. A organização final dos equipamentos resultou em pequenos “*kits*” que eram constituídos por caixas. As mesmas continham os equipamentos básicos necessários para realização do experimento. Os “*kits*” experimentais tornaram-se conhecidos, tanto que essa ideia passou a ser adotada por diversos projetos de ensino no mundo.

Para realização dos experimentos, os mesmos apresentavam “Guias de Laboratório”, mas com uma configuração diferente do habitual, isto é, afastando-se das conhecidas fórmulas “*cook-book*” (Livros de Receitas), que são roteiros para a realização do experimento, onde o estudante deve seguir instruções detalhadas em sequência. Esta configuração é extremamente limitada devido a pouca flexibilidade oferecida durante a atividade experimental (PSSC, 1967). A principal função dos guias era fornecer instruções explícitas sobre o funcionamento do equipamento, sendo composto por questões que direcionavam a execução experimental sem prender-se em demasia nos detalhes do procedimento e sem oferecer informações vagas que comprometessem o objetivo da experimentação. Pretendia-se que o laboratório, segundo Carvalho (1972), fosse um meio direto de ensino, contribuindo com a atividade experimental para o desenvolvimento do pensamento físico e para apreciação do método científico. Outra inovação do projeto estava na recomendação de que os experimentos sejam realizados antes de seus tópicos serem apresentados no texto.

Tornou-se inquestionável o aspecto inovador e revolucionário do PSSC. A proposta, além de incorporar conteúdos nunca tratados até o momento, também trazia várias metodologias de ensino nunca utilizadas, de maneira simultânea. Seu pioneirismo ainda hoje deve ser respeitado pelo que representou para o Ensino de Física.

No Brasil, a porta de entrada do PSSC foram as disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física, e a consequência disso foi a formação de uma gama de professores. Se ocorreu algum sucesso do PSSC no Brasil, ficou restrito aos cursos de formação de professores. Anna Maria Pessoa Carvalho, em sua tese “O Ensino de Física na Grande São Paulo”, de 1972, analisou com detalhes a adoção do programa do PSSC por alguns professores de escolas da grande São Paulo. Suas conclusões constatam que os professores tiveram forte influência do PSSC, mas o número de adotantes foi muito pequeno. As razões são várias, mas a principal encontra-se na falta de condições básicas como: salas para o laboratório; kits experimentais; filmes e o equipamento necessário para projeção.

O PSSC permanecerá na história do ensino da Física como uma das maiores fontes de inspiração, inovações e investigações, como instrumento modificador de uma visão pragmática e tradicionalista no Ensino de Física. Sua dinâmica proposta: um curso com discussões; atividades dos alunos em classe; visão moderna do conteúdo ministrado; laboratório didático participativo. As propostas demarcaram novos procedimentos metodológicos para o ensino, possibilitando seu uso, ou seu estudo, para futuras propostas pedagógicas.

3.1.2 *Project Physics Course - Projeto Harvard*

Ao final de uma reunião da *National Science Foundation* - NSF (Fundação Nacional de Ciência) em 1963, o físico Gerald Holton, o professor de física James Rutherford, e o educador Fletcher Watson, aceitaram um desafio de iniciar o novo projeto nacional de Física nos EUA (HOLTON, 1979). A proposta inicial do projeto era a elaboração de um novo currículo para o ensino americano, tendo como objetivo tornar-se uma alternativa ao projeto PSSC. Dos nomes citados anteriormente, os dois primeiros já estavam trabalhando em textos para o ensino. Essa experiência se transformou em uma base, dando norte à tarefa proposta de romper com o ensino fragmentado e racionalmente sequenciado. Holton (1979) se refere aos grandes Tópicos da Física como “[...] pérolas, que se encadeiam formando um colar que resulta na Física que é conhecida”.

Na busca pelo objetivo do projeto, os autores propuseram um encaminhamento diferente durante a proposta, procurando mostrar como a Física se desenvolveu, seu impacto social e humanístico, trazendo pontos capazes de sensibilizar a grande maioria dos alunos. Para integrar a Física, como ciência, ao contexto histórico e social, adotaram a “[...] abordagem conectiva, fundamentada na contextualização da História, Filosofia e Política, criando não um colar de pérolas separadas, todas dentro de um campo, mas uma tapeçaria de conexões cruzadas entre muitos campos”. (HOLTON, 1979, p. 258). Este pensamento amenizava a ideia de que o progresso do mundo estava na mão da Ciência, mandamento hegemônico da década de 50 e oculto na concepção de ensino do PSSC. O projeto apresentava na sua estrutura organizacional,

Um curso de Física orientado humanisticamente, para isso duas diretrizes foram incorporadas, que seriam atrair um número maior de alunos para o estudo da Física introdutória e descobrir algo mais sobre os fatores que influenciam a aprendizagem da ciência. (PROJECTO DE FÍSICA¹, 1978).

O projeto proporcionou uma perspectiva cultural e histórica, em que “[...] as idéias da Física têm uma tradição ao mesmo tempo que modos de adaptação e mudança evolutiva”. (PROJECTO DE FÍSICA, 1978, p. 11). No que refere-se à participação ativa do aluno, o projeto apresentava o objetivo de fazê-lo vivenciar as dificuldades e alegrias da própria descoberta científica; “[...] de uma maneira simples deseja-se que os alunos se comportem como pequenos cientistas”. (PROJECTO DE FÍSICA, 1978, p. 2). Além do aspecto inovador da concepção humanística que orientou a formulação do projeto Harvard, originou-se uma tendência no uso de “multimeios”, já desencadeada pelo PSSC, que influenciou diretamente no arsenal do material instrucional elaborado para uso. Este arsenal era composto por: livro texto; manual de atividades; material para experiência; coleção de textos suplementares; livros de instrução programada; filmes sem-fim (loop/super 8) e de 16 mm; livro de testes e os guias para professores.

O enfoque e a valorização dada ao laboratório didático pelo Projeto Harvard podem ser entendidos como:

Prepare-se (aluno) para um trabalho crítico e curioso, e também para algumas surpresas. Uma das melhores maneiras de aprender Física é fazer física, seja no

¹ A Fundação Calouste Gulbenkian Lisboa/Portugal, traduziu para o português o projeto com o título de Projecto de Física. Em 1978, publicou a Unidade I (Conceitos de Movimento). Nos anos seguintes, foram traduzidas as demais unidades II e III sucessivamente.

laboratório ou fora dele. Não se deixe ficar pela simples leitura. (PROJECTO DE FÍSICA, Unidade I, 1978, p. 134).

A função do laboratório didático no projeto deixa bem claro o direcionamento do aluno para o papel de “pequeno cientista”, pois para “aprender Física nada melhor que fazer física”, transferindo assim um “status” de cientista para o aluno.

3.1.3 Projeto *Nuffield*

Elaborado pela Fundação Nuffield na Inglaterra a partir de 1962, o Projeto Nuffield² contemplava novos métodos de ensino, restrito às atividades de discussão e laboratório. Os referidos experimentos foram organizados em “kits”, sendo o uso do “kit” previsto para cada dois alunos. Esta atitude visava desencorajar a simples demonstração, forçando o professor a criar condições para que os próprios alunos realizassem os experimentos. Apesar do projeto ter origem e ser direcionado para aplicação na Inglaterra, seus criadores não negaram a influência do PSSC,

O trabalho do PSSC mostrou que o que realmente importava era o método pelo qual o assunto era ensinado, mais do que o conteúdo sumário. Havia uma grande complacência quanto aos métodos de ensino na Inglaterra.... e chamar atenção para este fato foi talvez o efeito mais estimulante do trabalho do PSSC. (CARVALHO, 1972, p. 136).

A Fundação *Nuffield* expandiu seu projeto englobando Biologia, Química e Física, como prescrevia a lei inglesa, reorganizando todo o ensino de Ciências, seguindo as novas bases metodológicas. A perspectiva dos criadores do projeto era desenvolver um currículo de Ciências que despertasse o interesse do aluno, levando-o, através das suas investigações e argumentos, a compreender o que é Ciência. Essas características deram condições para que o aluno se comportasse como um cientista, especialmente nas atividades ligadas ao laboratório didático. Assim como o Projeto *Harvard*, o *Nuffield* não teve maiores repercussões no Brasil, ficando apenas conhecido no âmbito de grupos com interesses maiores em ensino de Física e em algumas poucas bibliotecas (CARVALHO, 1972).

² Existiam dois Projetos Nuffield, direcionados para diferentes níveis de ensino. Um para escola fundamental e outro para escola secundária. Cada projeto tinha sua coordenação própria, cabendo a E. Rogers e J. Osborn a liderança dos grupos.

3.1.4 Projeto Piloto

Entre julho de 1963 e julho de 1964 foi elaborado, em São Paulo, no IBECC, um projeto de Física conhecido como Projeto Piloto da UNESCO.

Em 1961, a UNESCO se interessou em reforçar suas atividades para o melhoramento do ensino de Ciências. O Dr. Alberto Baez foi convidado a participar deste movimento como diretor da nova Divisão de Ensino de Ciências criada dentro do Departamento de Ciências Naturais da UNESCO. (FERREYRA, 1979, p. 4).

A UNESCO, engajada no movimento renovador do ensino de Ciências, elaborou uma proposta de projeto piloto fazendo uso de novos enfoques, métodos e técnicas para o ensino de Física na América Latina. Uma das diretrizes propostas do referido projeto consistia em contemplar uma “[...] forte ênfase na experimentação com novas técnicas, dentre elas a Instrução Programada, uso de televisão e filmes de curta duração”. (FERREYRA, 1979, p. 4). O foco principal do material instrucional baseava-se na condição de que fosse de baixo custo para os alunos. O Projeto tinha como objetivo ser uma atividade piloto que permitisse iniciar um processo, ser um ponto de partida para a melhoria do ensino de Física, através do uso de novas metodologias que continham a ênfase no aspecto experimental, e que a realização dos experimentos se dessem com materiais de baixo custo. Esse fato acabou sendo importante na escolha do tema (conteúdo) a ser trabalhado no projeto.

A Instrução Programada, adotada como matriz orientadora no projeto, tem sua fundamentação teórica na psicologia comportamentalista skinneriana (behaviorismo), a qual pressupõe que a todo estímulo corresponde uma resposta associada que, se devidamente reforçada, poderá se transformar em resposta condicionada (reforço positivo). Da mesma forma, o reforço pode extinguir uma resposta comportamental estabelecida (reforço negativo). Para que esta teoria fosse usada na elaboração dos textos a serem utilizados, foi necessário desenvolver uma apresentação do conteúdo em pequenas parcelas, onde cada uma das parcelas representasse um determinado “estímulo” ao aluno. A este estímulo, o aluno deveria dar sua resposta, sendo aplicado, de imediato, o respectivo reforço (FERREYRA, 1979).

Mesmo com a opção por uma metodologia que utiliza a Instrução Programada, apresentando um forte embasamento teórico na psicologia comportamental (behaviorismo), o laboratório não tem uma justificativa maior do que aquela que já é lugar comum no ensino de Física. Neste projeto, em particular, a ênfase é o conteúdo pelo conteúdo, não apresentando referências a fatos históricos (da Ciência) ou as relações entre ciência e sociedade. O

laboratório didático foi inserido ao longo dos conteúdos, na forma programada, ainda seguindo a regra de que “para aprender física também é necessário fazer física”. Cabe aqui ressaltar a individualização do trabalho experimental, que tornou-se coerente com a linha metodológica seguida, eliminando, por consequência, a “socialização” em grupo.

O objetivo político-educacional do projeto desenvolvido pela UNESCO estava centrado na formação de líderes em educação, adquirindo formação e experiência no uso de novas metodologias. Em suma, o Projeto Piloto colaborou no preparo dos professores, dando-lhes condições para propor outras modificações ou inovações no ensino de Física e Ciências na América Latina. Segundo Alves Filho (2000) possivelmente a aceitação da proposta metodológica apresentada pelo Projeto Piloto no Brasil não atingiu o número de adeptos esperados, mas isso não significa que tenha ocorrido seu fracasso; ele só ocorreria caso não despertasse a criticidade dos opositores ou nem incentivasse os adeptos a mostrar a viabilidade da proposta metodológica imposta.

3.1.5 Física Auto - Instrutivo – FAI

O projeto Física Auto - Instrutivo (FAI), de origem brasileira, foi criado com o intuito de proporcionar uma mudança no processo ensino/aprendizagem, levando em consideração dois pontos base para sua elaboração, sendo eles, o nível de aproveitamento dos alunos e os recursos didáticos utilizados em sala de aula. O objetivo do projeto estava centrado no planejamento de situações didáticas que pudessem auxiliar o professor durante o processo de ensino.

Para alcançar uma melhoria significativa no ensino a ser imposta pelo FAI, criou-se o GETEF - Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física. O foco do grupo era trabalhar dentro dos parâmetros preconizados pela Tecnologia Educacional, em especial a Instrução Programada. O objetivo imposto direcionava-se para um maior envolvimento do aluno no decorrer do processo de ensino/aprendizagem, ainda que, ao final, o ensino tornou-se individualizado. Os propósitos assumidos pelo GETEF (1973) se resumiam a sete pontos básicos.

- 1- Fornecer ao professor uma nova metodologia de trabalho;
- 2- Propiciar ao aluno uma possibilidade de aprendizagem efetiva pelo trabalho realizado (autoinstrução);
- 3- Caracterizar o educador como elemento orientador, motivador, criador e avaliador dos resultados provenientes do processo de aprendizagem;

- 4- Elaborar um texto baseado em um método de ensino individualizado que considerasse cada aluno como um ser individualizado com características próprias e deixasse margem para o professor dar suas contribuições pessoais;
- 5- Elaborar instrumentos de laboratório adaptados às nossas condições de ensino;
- 6- Elaborar textos históricos, propiciando aos estudantes uma visão da forma pela qual a ciência se desenvolve através do tempo;
- 7- Elaborar recursos audiovisuais. (SAAD, 1977, p. 22).

Esses propósitos norteadores determinaram os procedimentos adotados pelo Grupo para a especificação dos objetivos, conteúdo programático e meios instrucionais. Nos meios instrucionais foram incluídos: a elaboração de textos autoinstrutivos; o material de laboratório; os textos históricos; os recursos audiovisuais e outros. Os textos autoinstrutivos eram preparados de acordo com as técnicas de instrução programada linear, seguindo a concepção do Projeto Piloto. Neste as informações vinham dentro de um quadro, já no FAI a sequência foi formada linha a linha, isto é, quando apresentada a informação/questão era fornecido um espaço para a resposta, na linha seguinte à da “resposta do aluno” vinha a resposta impressa.

O “Manual do Professor” contido no FAI é bastante claro sobre como o laboratório didático deve ser assimilado pelo professor. Na página 7 do Manual, sob o título “Como utilizar os recursos do laboratório”, ocorre a instrução sobre o papel do laboratório didático. No texto ocorre a afirmação de que a “auto/ritimação” no ensino individualizado elimina a necessidade de possuir várias unidades do mesmo equipamento. Assim, dois alunos formariam o grupo ideal para um trabalho experimental eficiente. O Manual do Professor enfatiza que:

As experiências devem ser planejadas dentro dos recursos disponíveis. A sua eventual pequena quantidade não irá prejudicar substancialmente os objetivos do ensino de Física. O texto programado não é consequência de uma experiência de Física que deve ser feita. Pelo contrário, a experiência é um recurso para mostrar determinados princípios básicos já explorados pelo aluno, como acontece também com os recursos audiovisuais e conferências. (GETEF, 1973, p. 17).

Em seguida, o Manual do Professor (GETEF, 1973) encerra as considerações sobre o laboratório afirmando que “[...] o único cuidado importante é de que cada experimento seja solicitado pelo aluno após este ter estudado o assunto”. O laboratório didático, na concepção do FAI, não é apresentado como elemento motivador, ou de provocação para discussão que leve à sistematização do conhecimento; seu papel está caracterizado na comprovação de leis e conceitos. A opção por um laboratório que não precisa ser parte integrante no processo de ensino/aprendizagem é justificada pelos autores através das inúmeras dificuldades relativas ao

uso do laboratório didático nas escolas, sendo as principais: falta de infraestrutura e material didático; pouca versatilidade; formação inadequada dos professores, entre outras. São estas as justificativas para que o laboratório não seja obrigatório e, sim, um complemento no processo de ensino/aprendizagem imposto pelo projeto.

3.1.6 Projeto de Ensino de Física – PEF

O Projeto de Ensino de Física – PEF originou-se a partir do Projeto Inicial - PI, apresentado por Hamburger no 1º Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF. O PI foi criado no ano de 1969, durante um curso em nível de pós-graduação destinado especificamente para licenciados e professores de Física. O projeto era formado através de um grupo de alunos e professores na disciplina de Tópicos de Física Geral, ministrada por Hamburger. Este grupo então passa a discutir e planejar a produção de textos e material instrucional de Física para o ensino. A partir dos debates, conversas e planejamentos, surge o então PI. Segundo Hamburger o projeto,

Propõe-se introduzir alguns conceitos fundamentais de Mecânica, através de experiências simples como o pêndulo simples, colisões, planos inclinados. Os conceitos são imediatamente aplicados em assuntos de interesse atual: movimento de satélites e de foguetes, origem da energia solar, etc. (HAMBURGER, 1970, p. 86).

Além disso, Hamburger (1970, p. 86) defendia que “[...] os conceitos são, na medida do possível, descobertos pelo aluno ao realizar experiências e fazer exercícios. Não são ‘definidos’ a priori”. O autor ressalta, através do material desenvolvido que, além de ser autoinstrutivo e de estimular o professor a investir em novas ações educacionais perante o ensino, o foco era de que o “[...] aluno possa aprender com o mínimo auxílio do professor”. (HAMBURGER, 1970, p. 86). Outra característica marcante era de que os materiais de ensino utilizados nas atividades experimentais deveriam ser simples e de baixo custo, para que o aluno “de preferência não deva ser necessário comprar material especial: as experiências devem poder ser feitas com material existente em casa ou que pode ser facilmente adquirido [...]”. (HAMBURGER, 1970, p. 87).

O PI somente obteve verba em meados de 1970 e teve sua execução entre agosto/70 e janeiro/71. Eis que, paralelo à essa execução, um novo grupo, também coordenado por Hamburger, começou a direcionar seus esforços à uma proposta maior, dando a nomenclatura

de “Currículo Nacional”, nome este posteriormente alterado para Projeto de Ensino de Física – PEF. O mesmo foi

Elaborado no departamento de física experimental do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, composto por uma equipe de cerca de trinta pessoas, incluindo professores universitários e secundários de Física, pesquisadores em Física, programadores visuais, redatores, fotógrafos, etc. (PEF, 1974, p. 11).

Na composição do PEF utilizou-se o PI como base norteadora. Assim, chama a atenção na estrutura do projeto, que em sua composição havia um caráter obrigatório na realização dos experimentos por todos os alunos. Os experimentos demonstraram estar estreitamente ligados ao texto, sendo que a não realização dos mesmos comprometeria a sequência didática. Bittencourt relata que,

O material entregue ao aluno deveria ser completo, incluindo texto e material experimental simples e barato. Como corolário, os experimentos de Física propostos deveriam ser realizados por todos os alunos e não serem passíveis de omissão sem prejuízo da sequência. (BITTENCOURT, 1977, p. 18).

Os diálogos sobre os pontos norteadores deram origem a conclusões, que assumiram a função de diretrizes para elaboração do projeto. A partir destas diretrizes o PEF se estruturou como uma nova proposta metodológica nacional em função da Lei 5692/70, que reduziu o número de aulas de Física no 2º Grau, atual Ensino Médio. A influência do PSSC tornou-se notável nos textos de Mecânica comparado com os de Eletricidade e Eletromagnetismo. A proposta do projeto, segundo Almeida (1971, p. 192) era eminentemente “experimental sendo o material utilizado de fácil manejo e relativamente de baixo custo [...]”.

O material experimental era oferecido por meio de três “kits”, um para cada conteúdo supracitado. Porém o material de Eletricidade apresentava a necessidade no uso de um multímetro, cujo preço tornava-se caro, pois era importado. A previsão era que um kit experimental serviria para grupos com quatro alunos, e em uma sala de aula, a mesma deveria ter cerca de 10 conjuntos. Assim satisfazia possivelmente um dos objetivos traçados que conforme citado anteriormente, “[...] o aluno possa aprender com o mínimo auxílio do professor ”. (HAMBURGER, 1970, p. 86).

A equipe do PEF também optou em produzir Livros Texto (PEF, Guia do Professor, 1980), os quais eram dirigidos ao trabalho ativo do aluno, composto por uma parte individual e outra parte em grupo, e auxiliaram nas atividades de discussão ou na realização de experimentos. Após um conjunto de questões, as respostas eram fornecidas ao aluno e, então,

sugerido ao mesmo que respondesse às questões individualmente e depois discutisse com os colegas, procurando dialogar e justificar sua resposta, para só então buscar a resposta no livro texto referência, conforme observado no Guia do Professor. O laboratório no PEF tornou-se obrigatório, tendo em vista que nenhum experimento poderia ser dispensado, aspecto esse que dava a “garantia” de uma participação mais ativa do aluno e tornava possível a sequência do texto. Essa conexão teoria-experimento somente ocorreu devido a “adaptação” da Instrução Programada, sendo esse fator considerado uma inovação metodológica do projeto.

3.1.7 Projeto Brasileiro de Ensino de Física – PBEF

Outro projeto criado foi o Projeto Brasileiro de Ensino de Física – PBEF, que visava a melhoria do material para o ensino de física. O mesmo era composto por cinco livros/volumes, sendo estes: O Céu; Interação no Universo (Mecânica); A Luz; O Trabalho dos Elétrons e Átomos e Estrutura da Matéria. Porém a divulgação do PBEF não seguiu o caminho esperado, pois durante muitos anos, o autor só admitiu “[...] a venda de livros a professores que houvessem tomado o curso. A partir de 1978, os livros puderam ser adquiridos pelo público, em algumas livrarias”. (CANIATO, 1985, p. 150).

Cabe aqui ressaltar um dos aspectos interessantes dos livros desenvolvidos “[...] cada uma das unidades tem um objetivo ou enfoque específico, além do objetivo geral que é de proporcionar uma EDUCAÇÃO CIENTÍFICA”. (CANIATO et al., 1973, p. 203). Nesta perspectiva, nota-se que as unidades Céu e Mecânica contemplavam aspectos históricos; já a Eletricidade, por sua vez, apresentava um enfoque mais prático e utilitário. Apenas os três primeiros livros propostos por Caniato et al. (1973) foram editados. Os dois primeiros refletem integralmente a metodologia proposta. O terceiro livro foi elaborado e editado alguns anos depois, ocorrendo mudanças na orientação do texto, diferenciando assim sua estrutura e linha metodológica dos livros anteriores.

A peculiaridade que diferencia o PBEF (1990) dos demais projetos explanados anteriormente, é que as unidades não se apresentam de forma sequencial, ou seja, não configuram um ordenamento de pré-requisitos. O mesmo acontece com os capítulos de cada unidade (CANIATO et al., 1973). Esse fator permitiria ao professor iniciar seu trabalho com qualquer uma das unidades e capítulo selecionado. Ocorreu ainda, a diferença no tratamento dos conteúdos, através dos “níveis de dificuldade” nos textos, que tinham por objetivo contemplar os diferentes “tipos” de alunos sem perder a “visão global da ciência”. O texto é dividido em três níveis, sendo que o primeiro nível “[...] apresenta uma leitura para situar o

aluno no ‘cenário’ dos conceitos”. (CANIATO et al., 1973, p. 205). O segundo nível é apresentado sob o título “Se você quiser saber um pouco mais”, que retoma os pontos importantes contemplados no primeiro nível de forma abrangente e detalhada. No terceiro nível, intitulado “Um pouco mais ainda”, proporciona aspectos particulares do conteúdo com maior exigência matemática. Por fim, cada seção do texto estava acompanhada por uma atividade prática experimental.

O material utilizado na elaboração da atividade prática não era organizado e nem acondicionado em “kits”, como explicado nos outros projetos PSSC (1970), *Harvard* (1978) e PEF (1974). Os criadores do PBEF (1990) optaram por um material alternativo, que o mesmo fosse de fácil obtenção e que o aluno pudesse adquiri-lo em qualquer lugar do país. Dessa forma, tornou-se de responsabilidade do aluno a aquisição ou obtenção dos mesmos. No volume O Céu, dedicado à Astronomia, muitas das atividades experimentais necessitavam de um balão de vidro com fundo esférico, este utilizado como modelo de esfera celeste. O segundo volume, Mecânica, explorava basicamente fotos estroboscópicas. No terceiro volume, Eletricidade, os materiais como pilhas, lâmpadas, ímãs e fios de diferentes espessuras permitiam construir pequenos circuitos em série e paralelo, também fazendo parte do material, um pequeno motor de corrente contínua. Assim, para desenvolvimento das atividades em grupo caberia ao professor o papel de orientador e responsável por especificar quais as atividades deveriam ser realizadas para contemplar o conteúdo trabalhado (PBEF, 1990).

As atividades experimentais que eram apresentadas ao fim de cada sessão assumiram a condição de exercício, enquanto outras atividades que estavam no corpo do texto assumiram a condição de serem “motivadoras”, a fim de levantar questionamentos sobre o experimento desenvolvido. Durante esse processo nenhum relatório era solicitado ao aluno, apenas os dados deveriam ser registrados no caderno para possíveis discussões futuras (CANIATO et al., 1973). Esse fator comprova que não houve preocupações maiores em explicitar qual a função dos experimentos propostos, assumindo possivelmente o papel de um exercício ou uma aplicação do conteúdo para comprovação científica.

3.2 O QUE OS PROJETOS DEIXARAM?

Levando em consideração a análise realizada durante a elaboração da seção 3.1, pode-se afirmar que os projetos estrangeiros de Ensino de Física formulados ao longo de um período de quase quinze anos (1956-1969), foram determinantes para a mudança do

entendimento que se tinha do Ensino de Ciências tanto no Brasil quanto no mundo. Esse fato torna-se importante, à medida em que nos leva a analisar e refletir sobre as propostas pedagógicas, seus respectivos objetivos e as metodologias utilizadas durante a elaboração dos projetos que, de alguma maneira, apresentam características que ora aproximam e ora afastam os projetos já citados. No entanto, durante a reflexão percebemos um direcionamento a um ponto central, que seria a Ciência como possível solução de “problemas” educacionais, tecnológicos e sociais da humanidade. Esse pensamento está instalado e difundido nos projetos, sendo a condição necessária para o progresso da sociedade. A partir desse entendimento, todos os alunos necessitariam aprender Ciência; para isso era preciso criar condições para que o aluno se comportasse e desempenhasse o papel de um “cientista” durante seu aprendizado. Um exemplo ilustrativo e significativo “desse condicionamento” é o Projeto *Harvard* (1978), em que o aluno é visto como “pequeno cientista”. Esta visão, que em um primeiro momento parece ser subjacente aos objetivos educacionais, está presente, de forma oculta ou não, em todos os projetos.

Para efeitos de análise mais profunda, adotamos a classificação de Amaral (1997), em que os laboratórios didáticos, inseridos nos projetos em sua grande maioria, foram criados seguindo três grandes modelos de ensino e uma mesma concepção. O primeiro modelo está ligado ao: ensino tradicional, onde o laboratório didático tem função de complementação ou verificação da teoria, cujos experimentos são realizados pelo aluno e planejados pelo professor. “[...] Neste cenário, admite-se que o aluno aprenda por imitação, memorização e repetição”. (AMARAL, 1997, p. 11); o segundo modelo está ligado ao ensino pela redescoberta, “[...] o papel da experimentação é propiciar a reconstituição induzida do conhecimento científico, ou seja, através da prática experimental dirigida o aluno alcança a teoria”. (AMARAL, 1997, p. 11). Segundo Zylbersztajn (1977, p. 24), a redescoberta está amparada em quatro justificativas: “1. Aumento da potência intelectual. 2. Deslocamento das recompensas extrínsecas para as intrínsecas. 3. Aprendizagem heurística da descoberta. 4. Auxílio à capacidade de memorização [...]”. A principal preocupação na aplicação do método da redescoberta estava direcionada no “pensamento intuitivo” e não somente ao “pensamento analítico” do aluno (ZYLBERSZTAJN, 1977, p. 131); o terceiro modelo está centrado no ensino pelo método da descoberta “[...] a experimentação ocorre como etapa de um processo de investigação em que o conhecimento visado é autonomamente construído pelo aluno, simulando uma pesquisa científica autêntica”. (AMARAL, 1997, p. 12). A concepção do aluno cientista tem uma estreita relação com a visão de Bruner (1968), quando este trata da aprendizagem através da descoberta. Suas ideias se aproximavam muito das de Piaget (1976),

que considerava a reinvenção individual como um processo para chegar à compreensão. O primeiro destes modelos está caracterizado por querer validar o conhecimento científico. No segundo modelo as atividades direcionadas ao aluno durante a redescoberta são equivalentes ao método científico e o processo de produção do conhecimento é tratado como algo meramente empírico e indutivo. Segundo Amaral (1997, p. 12), referente ao terceiro modelo, “[...] nesse modelo, o ensino de Ciências, enclausura-se no único e inquestionável objetivo de formar cientista mirim”.

No decorrer da elaboração e desenvolvimento de novos projetos, ocorreu uma mudança na visão, e principalmente na passividade do aluno. O que antes estava condicionado a repetição e memorização para o aprendizado e à passividade, passa a estar direcionado a um “pequeno cientista” mais ativo. Essa “inovação” tornou-se revolucionária, considerando a época em que os projetos estavam sendo propostos. Atualmente os educadores e, principalmente, os pesquisadores, em sua maioria, defendem que a educação é resultante de um processo interativo e não de um processo unilateral. Esta concepção tornou-se mais difundida nas últimas décadas, graças à divulgação dos trabalhos de Piaget, Vygotsky, Ausubel, entre outros, que através de estudos em psicologia cognitiva conseguiram desenvolver novas concepções no que tange o processo de ensino e aprendizagem.

Pode-se dizer que Ensino de Física até a divulgação dos projetos caracterizava-se por demonstrações realizadas pelo professor e pela passividade do aluno, o qual estava condicionado a um processo predominantemente expositivo e tradicional. A partir de um certo momento, os projetos acabaram modificando o eixo de execução do Ensino de Física, como consequência da utilização das práticas experimentais (do professor para o aluno). Por essa razão o professor passou a fazer uso, durante as atividades práticas experimentais, de equipamentos mais simples, de fácil manuseio e de baixo custo. Esse fator encontra-se inserido em propostas metodológicas onde não mais predomina a exposição oral do professor, como elemento único no processo de ensino e aprendizagem, mas sim uma interação gradativa através do diálogo. A atividade prática pode ser entendida como um elemento didático, produto de uma Transposição Didática de concepção construtivista da experimentação e do método experimental. A estrutura das atividades práticas pode apresentar características de versatilidade, adaptação, reformulação, dentre outras, de modo a permitir que o papel do professor como um “mediador” apresente-se em qualquer tempo e em qualquer momento durante o diálogo no processo ensino-aprendizagem. O termo mediação, no sentido Vygotskyano, pode ser entendido como uma intervenção programada e induzida pelo professor no espaço didático, na forma de questionamentos, desafios, estímulos para

discussões, dentre outros. A mediação é o criar condições para que os alunos se apropriem da forma de pensar (VYGOTSKY, 1991). A atividade prática também pode ser caracterizada como um objeto de ação, a ser manipulado didaticamente pelo professor. Essa manipulação irá se inserir no discurso construtivista, facilitando a proposição de fenômenos físicos. Sua mediação deve ocorrer no espaço entre a experiência do cotidiano do aluno e a experimentação do cientista, permitindo mostrar que a visão de mundo construída ao longo da vida pode ser colocada frente à concepção científica estabelecida (PIETROCOLA, 1999).

A ação mediadora permitirá dar significado às causas e efeitos de um determinado fenômeno físico, facilitando o diálogo entre o aluno e o professor na construção do conhecimento. A qualquer momento do diálogo, a atividade prática poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes (AUSUBEL, 1978), para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou, ainda, como decorrência de uma problematização inicial (DELIZOICOV & ANGOTT, 1991).

Propomos, através de UEPS (Cap. VII), uma concepção construtivista de aprendizagem significativa em física. Nossa proposta aqui pode ser resumida apresentando as seguintes características: primeiro, a importância em buscar por preconceções adquiridas em física dos alunos do 1º ano do ensino médio; segundo, o planejamento de atividades práticas experimentais pelo professor para construção dos conceitos fundamentais e das Leis da Física; terceiro, a importância da orientação do professor nas conclusões dos alunos ao desenvolver as atividades práticas relacionadas com os conceitos físicos de força, movimento, trabalho e potência, peso, massa, equilíbrio, assim como outros. Essas características podem ser encontradas no livro de Alberto Gaspar (2014), intitulado “Atividades Experimentais no ensino de Física”.

Para atingirmos o objetivo do trabalho, a UEPS (Cap. VII) estará ligada ao processo de ensino e aprendizagem que, sob orientação do professor, irá desencadear e mediar o diálogo construtivista na sala de aula. A dinâmica deve ser planejada e executada pelo professor, conforme descrito na Seção 7.3.1, de forma a potencializar a construção do conhecimento. O papel do professor no contexto escolar é oferecer a oportunidade ao estudante de perceber que seus conhecimentos anteriores são fontes que ele dispõe para construir expectativas teóricas sobre um determinado fenômeno físico, conforme referência na seção 2. Isto significa que a UEPS elaborada constitui-se de tarefas que permitam gerar uma negociação de significados (seção 2.1) para a constituição de valores coletivos durante a aquisição do conhecimento. Durante a sequência didática proposta, as atividades práticas deverão estar presentes sempre que necessário, para a apropriação junto à natureza de eventos ou fenômenos físicos que

permitam (re)construir criticamente (seção 2.3) os conceitos e leis fundamentais da física a partir da observação dirigida pelas expectativas teóricas propostas a priori.

4 AS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO APLICADAS AO ENSINO

São cada vez mais comuns as pesquisas indicando a utilização das TIC aplicadas ao ensino, pedagogicamente amparadas em pressupostos teóricos e metodológicos adequados. Contudo cabe as seguintes indagações: As tecnologias estão realmente disponíveis para uso no ensino? Existem políticas públicas que amparam o seu uso? Como surgiram as políticas públicas de fomento ao uso das TIC no Brasil e quais seus objetivos? Quais as possibilidades de uso das TIC no ensino de Física? Essas questões são importantes para que possamos entender o contexto sobre o uso das TIC no ensino de física, e serão apresentadas a seguir.

4.1 POLITICAS DE INCLUSÃO DAS TIC NO ENSINO

Eric J. Hobsbawm em seu livro *A Era das Revoluções* ao se referir às palavras que surgiram na revolução entre 1789 e 1848, tais como “indústria”, “ferrovia”, entre outras, supõe que “[...] imaginar o mundo moderno sem elas é uma maneira de medir a profundidade dessa revolução”. Raciocínio similar a esse pode ser aplicado em relação à Revolução Digital, pois palavras como “redes sociais”, “facebook”, “whatsapp”, “youtube” e “instagram”, estão disseminadas na atualidade, tanto que a ausência destas em nosso cotidiano torna-se difícil de ser imaginada. Protagonista da Revolução Digital, os computadores, a partir dos avanços em suas configurações, tais como: aumento de processamento; memória; capacidades gráficas; dentre outras, evoluíram da condição de grandes máquinas de calcular para se tornarem precursores da fase de automação da indústria e dos bancos. Assim mais tarde, fundiram-se com as telecomunicações, a editoração, o cinema, a televisão, e concomitantemente com o segmento da internet, tornando-se um “[...] novo espaço de comunicação, da sociabilidade, de organização e de transação, mas também um novo mercado da informação e do conhecimento”. (LÉVY, 1999, p. 32).

O surgimento dos *personal computers* (computadores pessoais) em 1979 (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003, p. 260) ajudou na disseminação dos computadores, somando-se então as demais Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC, entendidas como “[...] o conjunto convergente de tecnologias em microeletrônica, computação (*software* e *hardware*), telecomunicações-rádiodifusão e optoeletrônica” (CASTELLS, 1999, p. 49), estando atualmente presente junto a todos os segmentos sociais, econômicos e culturais existentes no mundo.

A educação não hesitou em participar da Revolução Digital e fez uso das TIC para criar formas de aperfeiçoar os processos de ensino e de aprendizagem. Segundo Lévy,

Não se trata aqui de usar as tecnologias a qualquer custo, mas sim de acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança de civilização que questiona profundamente as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e sobretudo os papéis dos professores e alunos. (LÉVY, 1999, p. 172).

No Brasil, a preocupação com a inserção das TIC no ensino levou à criação de alguns projetos para implementar seu uso e estudar sua viabilidade, vantagens e/ou desvantagens perante o contexto educacional. A seguir são apresentados os principais projetos desenvolvidos para contemplar o uso das TIC nas escolas brasileiras.

Em 1981 ocorreu o 1º Seminário Nacional de Informática na Educação, realizado na Universidade de Brasília, onde uma equipe intersetorial formada por membros da Secretaria Especial de Informática (SEI), do Ministério de Educação e Cultura (MEC), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) sugeriu que os computadores fossem utilizados como ferramenta que ampliasse a ação dos professores, sem substituí-los. Segundo Nascimento entre as recomendações que se originaram nesse seminário destacam-se:

Aquelas relacionadas à importância de que as atividades de informática na educação fossem balizadas por valores culturais, sociopolíticos e pedagógicos da realidade brasileira, bem como a necessidade do prevalectimento da questão pedagógica sobre as questões tecnológicas de prevalectimento no planejamento de ações. (NASCIMENTO, 2007, p. 15).

Em 1983, a SEI elaborou o projeto EDUCOM – Educação com Computadores, que segundo Tavares (2002) consistia na “[...] implantação de centros-piloto em universidades públicas, voltados à pesquisa no uso de informática educacional, à computação de recursos humanos e à criação de subsídios para a elaboração de políticas nos setores”.

Em 1986, a Secretaria de Informática do MEC assume a coordenação e a supervisão técnica do projeto EDUCOM. Neste período o MEC iniciou atividades de pesquisa nas universidades por meio de capacitação de professores de sistemas estaduais de ensino público, e com isso temos a fusão do Projeto FORMAR com o Projeto EDUCOM. Segundo Tavares (2002) o Projeto FORMAR visava à capacitação de professores para atuarem em centros de informática educativa dos sistemas estaduais e municipais de educação e os professores formados assumiriam o compromisso de estruturar e implantar o Centro de Informática

Educativa (CIED), com apoio técnico e financeiro do MEC, junto às suas Secretarias de Ensino.

Em outubro de 1989 o MEC criou o Programa Nacional de Informática na Educação – PRONINFE, que posteriormente seria integrado à Secretaria de Educação Tecnológica – SENETE. O programa tinha por finalidade:

Desenvolver a informática educativa no Brasil, através de projetos e atividades articulados e convergentes, apoiados em fundamentação pedagógica sólida e atualizada, de modo a assegurar a unidade política e técnico-científica imprescindível ao êxito dos esforços e investimentos envolvidos. (BRASIL, 1991, p. 11).

O PRONINFE visava à criação de: núcleos de informática educativa, chamados Centro de Informática na Educação (CIE), geograficamente espalhados pelo país com o objetivo atender, segundo Brasil (1994), as necessidades dos diferentes sistemas de ensino e incentivar o uso e a produção de programas educativos computacionais. A experiência obtida com o PRONINFE permitiu ao MEC utilizá-lo na elaboração de novos programas, como o Programa Nacional de Tecnologia Educacional – PROINFO. O PROINFO, criado pela Portaria nº 533/MEC, de 09 de abril de 1997, teve por finalidade disseminar o uso pedagógico das TIC no ensino fundamental e médio pertencentes às redes estaduais e municipais, apresentando como principais características:

A instalação de recursos informatizados condicionados à capacidade das escolas; promover infraestruturas de suporte técnico de informática para as redes de ensino público; estimular a integração de computadores nas escolas visando a formação de uma ampla rede de comunicação; preparar alunos capazes de interagir com uma sociedade cada vez mais tecnologicamente desenvolvida, entre outro. (BRASIL, 1997, p. 9).

O PROINFO previa também a criação de Núcleos de Tecnologia Educacional – NTE, fundamentado em estruturas descentralizadas de apoio ao processo de informatização, composto por uma equipe de educadores e especialistas em informática, com infraestrutura adequada, tendo por objetivo “[...] sensibilizar e motivar as escolas para o uso das TIC; capacitar e reciclar os professores e as equipes administrativas das escolas; realizar cursos especializados para as equipes de suporte técnico; assessorar as escolas para o uso pedagógico das TIC; entre outros”. (BRASIL, 1997, p. 12). No que se refere à capacitação dos professores, o referido Programa visava,

Estruturar a formação continuada dos professores no uso das TIC; privilegiar a aprendizagem cooperativa e autônoma com vista à intercomunicação e interação dos professores com especialistas; preparação dos professores para se tornarem independentes no uso e na incorporação das TIC em sua ação, buscando a transformação de sua prática pedagógica. (BRASIL, 1997).

Em dezembro de 2007, através do Decreto nº 6300 (BRASIL, 2007), o PROINFO, no âmbito do Plano Nacional de Desenvolvimento da Educação – PDE, passou por algumas modificações, entre elas a alteração da nomenclatura passando-se a chamar Programa Nacional de Tecnologia Educacional – PROINFO INTEGRADO. Entre os objetivos desse novo Programa estão: promover o uso pedagógico das TIC nas escolas de educação básica, urbanas e rurais; fomentar a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem por meio do uso das TIC, “[...] promover a capacitação dos agentes educacionais envolvidos nas ações do Programa; contribuir para a inclusão digital por meio da aplicação de acesso a computadores e à internet; fomentar a produção de conteúdos educacionais digitais; entre outros”. (BRASIL, 2007).

O PROINFO INTEGRADO abrange ainda um projeto chamado UCA, ou PROUCA, que é uma iniciativa do Governo Federal que se assemelha ao Programa *One Laptop per Child* – OLPC, desenvolvido por pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT. O PROUCA, segundo Brasil, tem por objetivo:

Promover a inclusão digital nas escolas das redes públicas de ensino federal, estadual, distrital, municipal ou nas escolas sem fins lucrativos de atendimento a pessoas com deficiência, mediante a aquisição e a utilização de soluções de informática, constituídas de equipamentos de informática, de programas de computador (software) neles instalados e de suporte e assistência técnica necessários ao seu funcionamento. (BRASIL, 2010, p 03).

Entre os pontos inovadores do PROUCA, segundo o MEC, estão:

1. Uso do notebook por todos os estudantes e educadores da escola pública em um ambiente que permita a imersão em uma cultura digital;
2. Mobilidade de uso do equipamento em outros ambientes dentro e fora da escola;
3. Conectividade, pela qual o processo de utilização do notebook e a interação entre professores e estudantes ocorrerão por meio de redes sem fio conectados à internet;
4. Incentivo ao uso de softwares livres e inserção em comunidades para a disseminação do conhecimento;
5. Uso pedagógico das diferentes mídias colocadas à disposição no notebook educacional. (BRASIL, 2010, p. 03).

Por fim, para atender a necessidade de conexão à internet proveniente das ações do PROUCA e PROINFO INTEGRADO foi criado, por meio do Decreto nº 6.424, de 04 de abril de 2008, o Programa Banda Larga nas Escolas –PBLE. O mesmo teve o objetivo de conectar as escolas públicas urbanas à internet através de tecnologias que propiciem qualidade, velocidade e serviços para incrementar o ensino público do País.

Nesta seção do capítulo foi apresentado um resumo dos programas e projetos do governo brasileiro que estimularam o uso dos computadores e das TIC nos processos de ensino e aprendizagem. O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação não é mais visto como um simples acessório na ação de educar, pois segundo o MEC (BRASIL, 1997, p. 67) “[...] é indiscutível a necessidade crescente do uso de computadores pelos alunos como instrumento de aprendizagem escolar, para que possam estar atualizados em relação às novas tecnologias de informação e se instrumentalizem para as demandas sociais presentes e futuras”.

4.2 AS POSSIBILIDADES E POTENCIALIDADES DE RECURSOS TECNOLÓGICOS VOLTADOS AO ENSINO DE FÍSICA

“A história da utilização de computadores na educação costuma ser dividida em dois períodos: antes e depois do aparecimento dos computadores pessoais [...]”. (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003, p. 260). No decorrer desta seção será apresentado um breve relato de trabalhos desenvolvidos sobre as potencialidades e possibilidades de uso do computador direcionado para o ensino de Física.

Bacon (1992), na década de 90, apontou como nova tendência no ensino de Física em nível universitário a utilização de *softwares* com qualidade profissional. Os programas elaborados pelos professores na época, a serem utilizados em sala de aula, eram construídos a partir de uma linguagem de programação como FORTRAN, BASIC, Pascal ou C. Bacon (1992) considerou que a principal vantagem didática gerada através do uso dos programas em sala de aula resumia-se no entusiasmo dos “autores/programadores” com uma nova perspectiva de ensino. Através da popularização dos computadores originou-se várias demandas, dentre elas a necessidade de pacotes de programas que permitissem a elaboração de materiais didáticos de fácil criação e que apresentassem melhor qualidade perante as aulas. Esse fator estava diretamente impactado pelo tempo requerido para o desenvolvimento de *softwares*, tempo este superior à disponibilidade da maior parte dos professores da rede de ensino. Bacon (1992) cita os pacotes matemáticos, e.g. *MathCad*, *Symbolator*; os *softwares* de

simulação em eletrônica, e.g. *Eletronics Workbench, Labview*; e alguns programas para Astronomia, e.g., *Dance of the Planets, Sky*, como exemplos de recursos a serem utilizados. O autor também faz referência a três formas nas quais o *software* pode ser usado para melhorar o ensino de Física, sendo elas, o uso de programas demonstrativos, uso de modelos computacionais e uso de tutoriais.

Mcdermott (1990) aborda como exemplo o programa de simulação *Graphs and Tracks*. O mesmo foi elaborado com o intuito de ajudar os alunos a superar suas dificuldades durante a interpretação de gráficos da Cinemática. Ao avaliar as possíveis interações que ocorrem entre a pesquisa em ensino de Física e o desenvolvimento de *softwares* instrucionais, a autora chama atenção para as seguintes necessidades: a realização de pesquisa continuada na identificação das dificuldades dos estudantes em várias áreas da Física e, também, na identificação dos tópicos em que a instrução baseada no uso do computador é mais efetiva; o desenvolvimento e teste de estratégias instrucionais, usando o computador, endereçadas às dificuldades específicas dos estudantes; um exame preciso do que o estudante está aprendendo enquanto trabalha com o computador. Torna-se necessário a realização de um acompanhamento preciso quanto à metodologia utilizada pelo professor durante o processo de ensino, bem como um acompanhamento detalhado do aprendizado do aluno perante o conteúdo.

Baseados nos aspectos citados anteriormente, Andarolo, Donzelli & Sperandeo-Mineo (1991) discutem o papel do computador no processo de ensino-aprendizagem sob dois pontos de vista. Primeiro: como o computador pode mudar o currículo de Física e os métodos de ensino de modo a refletir a Física como ela é conduzida hoje. Segundo: como resultados pedagógicos sobre o aprendizado do estudante podem guiar um uso mais incisivo desta tecnologia como uma ferramenta pedagógica. Já no trabalho apresentado por Veit & Teodoro (2002), os mesmos debatem a importância da modelagem computacional no processo de ensino/aprendizagem de Física, apontando-a como uma maneira de viabilizar e implementar as características presentes nos novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio brasileiro.

Rosa (1995) faz uma revisão da literatura no período compreendido entre 1979 e 1992 sobre as potencialidades do uso de computadores no ensino de Física. A revisão contempla revistas que abordam o ensino de Física direta ou indiretamente. O autor salienta que a motivação principal em seu trabalho é discutir a intenção com que o educador introduziu o computador no ambiente de sala de aula, analisando se ocorreu avaliações do mesmo como instrumento de ensino ou outras possibilidades acessíveis ao educador. Rosa (1995, p. 183)

cita as possíveis potencialidades para o uso de computadores no ensino de Física: “[...] 1) Coleta e análise de dados em tempo real; 2) Simulação de fenômenos físicos; 3) Instrução assistida por computador; 4) Administração escolar; 5) Estudo de processos cognitivos. Dentre estas, a aplicação mais utilizada é a simulação, seguida pelo uso de computadores como ferramenta e/ou análise dos dados em tempo real. Do ponto de vista pedagógico, Rosa (1995, p. 185) concluiu que

[...] são poucos os artigos estudados nos quais houve preocupação dos autores quanto a uma justificativa para o uso do computador em sala de aula ou laboratório, em detrimento de outras estratégias de ensino, com base em um referencial teórico que indique os processos pelos quais a aprendizagem ocorre. (ROSA, 1995, p. 185).

Fiolhais & Trindade (2003) apresentam uma breve resenha da ascensão do uso do computador no ensino de Física, relacionando a aplicação do computador com avanços nas teorias de aprendizagem, a fim de classificar as principais modalidades do uso de computadores no ensino de Ciências em geral e em Física em particular. Os autores identificam três períodos distintos em que a aplicação da informática na escola buscou acompanhar a evolução das teorias de aprendizagem. No primeiro período, moldado pela visão de mundo behaviorista criada por B. F. Skinner, seguia-se os seguintes pressupostos,

O comportamento do aluno pode ser razoavelmente previsto se forem bem conhecidos os objetivos pretendidos para o ensino e os métodos a usar para os obter; O conhecimento que o aluno deve adquirir pode ser decomposto em módulos elementares, cujo domínio conjunto produzirá o resultado desejado; A aplicação da teoria behaviorista é suficientemente fiável para assegurar a eficiência do ensino desenvolvido pela sua aplicação sistemática, sendo mesmo dispensável a intervenção do professor. (FIOLHAIS & TRINDADE, 2003, p. 262).

O segundo período, moldado pela teoria cognitiva desenvolvida por Jean Piaget (1959), caracterizou-se pela crença de que não existem dois alunos psicologicamente iguais e que essas diferenças não podem ser ignoradas. Passou-se então a enfatizar o *design* das atividades a serem apresentadas aos alunos, uma atenção maior que ao conteúdo. O terceiro período está baseado na postura construtivista, em que cada aluno constrói sua visão de mundo de acordo com suas próprias experiências individuais (VYGOTSKY, 1988). Os autores Fiolhais & Trindade (2003, p. 263), apontam as seguintes implicações do construtivismo na concepção de ambientes de ensino: propiciar múltiplas representações da realidade; apresentar tarefas contextualizadas; propiciar a análise de situações em ambientes reais de aprendizagem, em vez de sequências esquemáticas.

Otero & Fanaro (2000) discutem em seu trabalho as vantagens e desvantagens didáticas do uso de um *software* de simulação em Física, fazendo referências e relações com a teoria de aprendizagem de Ausubel (1963), Novak & Gowin (1984), em conjunto com a teoria dos modelos mentais de Johnson Laird (1983), com o foco na importância da visualização e construção do conhecimento. No trabalho de Medeiros & Medeiros (2002) busca-se avaliar a real importância das animações e simulações no ensino de Física, destacando os pressupostos e os limites de validade das teorias. Os autores dialogam sobre as vantagens e desvantagens no uso de simulações computacionais no ensino de Física. Segundo Medeiros & Medeiros (2002, p. 84) “[...] é imprescindível que não se deixe de considerar os dois lados da questão: as vantagens e as limitações de um tal uso”. Simulações computacionais vão além das simples animações, segundo Gaddis (2000) as mesmas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador.

Para Medeiros & Medeiros,

[...] qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este matematizado e processado pelo computador a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002, p. 79).

Durante o trabalho os autores Medeiros & Medeiros abordam os seguintes benefícios, gerados pelo uso das simulações computacionais no ensino da Ciência, sendo eles:

- Reduzir o “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- Fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- Permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- Permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- Engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- Envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- Tornar conceitos abstratos mais concretos;

- Reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- Servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- Desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- Promover habilidades do raciocínio crítico;
- Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- Auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- Acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual.

Os autores também destacam uma atenção quanto ao “excesso” de entusiasmo acerca das novas tecnologias, em particular as simulações computacionais aplicadas ao ensino de Ciências:

Uma grande ênfase é dada comumente ao fato de que novas tecnologias educacionais, tais como as simulações computacionais, possibilitaram uma mudança radical no modo de se ensinar a Física. Em muitos aspectos, essas mudanças equivalem à quebra de um antigo paradigma educacional baseado em aulas expositivas e laboratórios tradicionais. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002, p. 80).

Essa citação pode remeter à ideia de que as simulações computacionais fossem a solução capaz de resolver os problemas oriundos de uma perspectiva educacional construtivista, onde a atenção às dificuldades individuais dos alunos torna-se fundamental. O excesso de entusiasmo acerca das novas tecnologias pode obscurecer o fato de que, com o seu uso, alguns conhecimentos e habilidades importantes estejam sendo inadvertidamente perdidos (Miro-Julia, 2001). A perda da noção da complexidade de um sistema real é apresentada como um dos riscos da utilização acrítica das simulações. Segundo Verbic (1996) existe uma diferença significativa entre o ato da experimentação de um fenômeno através de um experimento real e de uma simulação computacional. Se tal diferença não for percebida, as simulações podem, por vezes, comunicar concepções do fenômeno opostas àquela que o educador pretendia veicular com o seu uso. Segundo Medeiros & Medeiros (2002, p. 84) “[...] é preciso ter em conta que a educação não é algo que envolve apenas a informação. Educar consiste, igualmente, em fazer as pessoas pensarem sobre a informação e a refletirem criticamente”.

Como citado anteriormente, os computadores foram os protagonistas da Revolução Digital e a educação não hesitou em participar desta revolução, fazendo uso das TIC para criar técnicas, a fim de aperfeiçoar as metodologias pedagógicas de acordo com as demandas educacionais da época. Esse fator gera inúmeras perspectivas e potencialidades quanto a utilização das TIC no ensino e aprendizagem da Ciência, principalmente da Física. Os diversos modos de utilização do computador frente ao ensino permitiram a diversificação de estratégias didáticas por parte do professor, que dispõe de uma vasta gama de recursos tecnológicos para mediar o conhecimento, assim os alunos passaram a ter vários meios interativos para potencializar seu aprendizado. A seguir, apresentamos uma prévia das principais formas de utilização do computador no ensino da Ciência e da Física em particular. Segundo Fiolhais & Trindade (2003, p. 263) são elas: aquisição de dados por computador; modelagem e simulação; materiais multimídia; realidade virtual; e busca de informações na internet.

I) Aquisição de dados por computador: A aproximação do aluno com atividades de laboratório é outro ponto que pode ser destacado. Como a Física é uma Ciência experimental, o laboratório didático assume seu papel perante o ensino e aprendizagem. O uso do computador permite novas situações de aprendizagem, possibilitando que o aluno possa realizar medições de grandezas físicas em tempo real. Além da coleta, as apresentações por meio de gráficos, tabelas ou cálculos auxiliam na análise e na interpretação dos dados coletados durante o experimento.

II) Modelagem e simulações: A modelagem computacional aplicada ao ensino de Física é desenvolvida em atividades caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados obtidos. Através da modelagem e da simulação pode-se imitar ou reproduzir situações reais ou mesmo propor, na forma abstrata, os fenômenos físicos a serem simulados. Clark & Mayer (2008, p. 350) definem dois tipos básicos de simulações: Simulação Operacional, que é utilizada para ensinar habilidades pessoais, como o treinamento de aplicações de software na área médica e treinamento de voo; Simulações Conceituais, com foco na aprendizagem do domínio específico de estratégias do conhecimento e habilidades, como exemplo a resolução de problemas. Aldrich (2009) delimita simulações educacionais como ambientes estruturados, abstraídos de alguma atividade da vida real, que permite aos participantes praticar suas habilidades, pois fornecem um *feedback* apropriado em um ambiente cujos resultados são controlados e previsíveis. Embora as simulações não devam substituir por completo a realidade que representam, elas tornam-se úteis perante as experiências complexas a serem realizadas na prática experimental.

As simulações computacionais, com um objetivo pedagógico delineado, potencializam as atividades práticas experimentais caracterizadas pela observação, manipulação, análise e resultado.

III) Materiais multimídia: A multimídia, ancorada na palavra latina “media” que significa vários meios, integra diversos aparatos que podem ser elementos ou dispositivos diferentes interconectados e apresentados como módulos ou como um único produto. Ainda pode ser conceituado, segundo Gutiérrez Martín (1995, p. 09) em que cada meio ou cada componente de um único aparato que processa textos, imagens, gráficos e som, trabalhasse com documentos específicos, cada um com sua função e, se estes documentos estiverem bem interligados, temos um novo documento audiovisual distinto, que podemos chamar de documento multimídia. As características da multimídia podem ser definidas pela interatividade e a flexibilidade. Esses dois fatores potencializam a interação do aluno com o material, bem como auxiliará na escolha do material a ser utilizado de acordo com o interesse individual do aluno. Tanto a interatividade como a flexibilidade, ambas tornam-se necessárias perante a aprendizagem individual e ativa do aluno.

IV) Realidade Virtual: Pode ser definida como ambientes sintéticos tridimensionais interativos em tempo real (TORI, 2010). As tecnologias de Realidade Virtual completam um usuário no ambiente sintético. Enquanto imerso “completamente”, o usuário não consegue visualizar o mundo real ao seu redor (AZUMA, 1997). Essa categoria pode ser entendida como uma tecnologia que facilita a interação entre o homem, a máquina e o ambiente virtual. Este ambiente virtual é composto por cenários e interface com modelos tridimensionais, que são armazenados e geridos pelo computador através das diversas técnicas de computação gráfica. As principais características que a realidade virtual apresenta em benefício do ensino e aprendizagem são: a imersão, que possibilita inúmeras sensações ao usuário dentro do ambiente virtual; a interatividade, ocorrida através de uma navegação livre, definindo o percurso a ser seguido dentro do ambiente pelas múltiplas escolhas; a manipulação, proveniente da mudança de ações realizadas pelo usuário, tal como no mundo real.

V) Internet: Tornou-se a maior e mais ativa de todas as bibliotecas do mundo. A internet relaciona-se com os vários meios de informação e de uso do computador no ensino e aprendizagem. Segundo Silva et al. (2007), o uso do computador juntamente com a internet possibilita habilidades técnicas, bem como o acesso à informação que pode gerar aprendizagem além de trabalhar o fator cognitivo, pois o indivíduo tem a possibilidade de interligar os conhecimentos, experiências e informações de sua realidade às novas informações obtidas, podendo assim alcançar novos conhecimentos e descobrir novas

possibilidades. Com a utilização do computador e o acesso à rede pode ocorrer a exploração de: Simulações: estas descarregadas da Internet ou utilizadas on-line se estiverem escritas na linguagem Java ou similar (applets); Multimídia: a linguagem padrão da *World Wide Web*, denominada *Hypertext Markup Language (HTML)*, é uma linguagem multimídia; Realidade virtual: a *Virtual Reality Modeling Language (VRML)* é a linguagem padrão para representar objetos ou cenários tridimensionais na Internet. Nas áreas como a Física, a linguagem VRML pode ser usada para potencializar a compreensão conceitual.

4.2.1 Mundo Virtual Tridimensional (MV3D)

Vários pesquisadores têm se dedicado a conceituar “Vida”. As definições atribuídas partem das mais tradicionais até as paradigmáticas, emergentes das teorias da Autopoieses (do grego *auto* "próprio", *poiesis* "criação"), da Biologia Evolutiva (que estuda a origem e a descendência das espécies, sua evolução) e da Biossemiótica (do grego *bios* que significa "vida" e *semion* significando "signo/sinal"). Segundo os biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela, a vida é o contínuo desafio de enfrentar e aprender a cada nova circunstância. Viver é aprender. “[...] Yo no soy ninguna cosa em sí, estoy en un continuo flujo de transformación... no soy nada, no tengo término”. (MATURANA, 1999, p. 49). Nessa perspectiva a vida é um processo de cognição e as interações que acontecem entre os sujeitos são sempre interações cognitivas, construídas no viver, “[...] vida y cognición quedan inseparablemente vinculadas” (MATURANA, 1999, p. 49). É nesse viver que, por meio das interações, relação, ações e reações, criamos o “nosso” mundo e somos criados por ele, viver também é conviver.

Nesse aspecto, o termo “presença” pode ser definido pelo fato de existir, de ter existência real num local, pode ser compreendido no sentido de estar junto, ao lado fisicamente no mesmo tempo e espaço. Com o surgimento dos mundos virtuais tridimensionais (MV3D), para o ser que habita esse mundo, o termo “presença” modificou-se para o estado de “telepresença”, em que o mesmo pode ser compreendido no sentido de “estar junto virtualmente”. O termo telepresença foi criado em 1980 por Marvin Minsky, através de um sistema de teleoperação que envolvia a manipulação de objetos remotos. Segundo Minsky (1980, p. 120) telepresença é a " [...] sensação de você estar realmente lá no *site* remoto de operação, enquanto presença virtual é sentir como se estivesse presente no ambiente gerado pelo computador". Lévy (1996) diz que a projeção da imagem do corpo é geralmente associada à noção de telepresença, mas a telepresença é sempre mais que uma simples

projeção de imagens, pois não está apenas associada às tecnologias digitais tampouco as digitais virtuais em três dimensões. Segundo o autor, experimentamos a telepresença durante um simples telefonema, pois a voz percorre as ondas eletromagnéticas e faz com que possamos sentir a “presença” do interlocutor.

Segundo Schlemmer (2008) a presença, ou o estar presente, não se limita apenas na presença física, imposta pela condição de um corpo físico. Com a origem dos MV3D tornou-se possível criar “novos corpos”, corpos estes “tecnologizados” ou “corpos digitais virtuais”, que podem estar “aqui” e “lá” ao mesmo tempo, esse parâmetro condiciona novas realidades, novas experiências e sensações a esses corpos digitais. Os mundos virtuais, segundo Lévy (1999), possuem duas características distintas, sendo elas: a imersão, que possibilita ao sujeito uma representação e uma interação com os usuários e com o meio, onde suas ações afetam diretamente o ambiente; a navegação que ocorre quando o mundo orienta os passos do indivíduo.

Em busca da caracterização das relações existentes, Lombard & Ditton (1997) em sua obra intitulada *At the heart of it all: The concept of presence* (No centro de tudo: O conceito de presença, tradução nossa), os autores elencaram seis definições de presença para produção de conhecimento, sendo elas:

- Presença como enriquecimento social – relacionada a socialização entre os sujeitos.
- Presença como realismo – relacionada a sensação de “realidade” que o sujeito experimenta, o sentir a “coisa” como “verdadeira”.
- Presença como transporte – propicia o deslocamento virtual do sujeito e apresenta as seguintes variações:
 - “Você está lá” – o sujeito é transportado para um outro local, esse conceito é muitas vezes utilizado nas discussões de realidade virtual.
 - “Lá está aqui”- o outro lugar e seus objetos são transportados para o sujeito.
 - “Nós estamos juntos” – onde dois ou mais sujeitos são transportados juntos para um lugar que eles compartilham. Não há presença física mas os sujeitos compartilham o mesmo espaço virtual.
 - “Vocês estão por aí” - mais antiga versão de presença. A tradição oral dos primeiros seres humanos que envolvia o contador de histórias, que permitia ao sujeito ser transportado para um outro tempo e lugar onde os eventos ocorreram.
- Presença como imersão – comporta a idéia de imersão perceptiva e psicológica (Biocca e Lévy, 1995 apud Lombard e Ditton, 1997), tais como em RV, cinema IMAX, planetários e simulações, onde as experiências, os sentidos, estão imersos no mundo digital virtual. A imersão perceptiva consiste no “grau em que um ambiente virtual submerge o sistema perceptual do usuário” (Biocca & Delaney, 1995, p. 57 apud Lombard e Ditton, 1997). Presença como imersão inclui também uma dimensão psicológica. Quando os sujeitos sentem que estão envolvidos (Palmer, 1995 apud Lombard e Ditton, 1997), absorvidos (Quarrick, 1989 apud Lombard e Ditton, 1997), empenhados, engajados.
- Presença como ator social no meio – propicia ao sujeito estar envolvido em uma experiência de RV, sendo possível agir/interagir e vivenciar a situação.
- Presença do meio como ator social – envolve retorno na interação, fornecidas pelo próprio meio, o uso de programas de computador para desempenhar papéis sociais,

tais como o uso de Agentes. (LOMBARD & DITTON, 1997 apud SCHLEMMER, 2008, p. 445).

Para Schlemmer (2004), o MV3D pode reproduzir de forma semelhante ou fiel o mundo físico real, podendo ser uma criação diferenciada, desenvolvida a partir de representações imaginárias, simulando espaços não-físicos para convivência digital virtual. Segundo o autor, “esses mundos” podem ter leis próprias, nos quais pode-se usar todo o poder de invenção e criatividade, pois os habitantes não estão presos a regras físicas. Uma das características fundamentais dos MV3D é a de serem sistemas dinâmicos, que se modificam em tempo real à medida que os sujeitos interagem com ele. Essa interação pode ocorrer em menor ou maior grau dependendo da interface adotada, pois os mundos virtuais podem ser povoados por meio de avatares, ou por “humanos virtuais” (*Non-player Character NPCs* - Personagens não manipuláveis e/ou *bots* e agentes comunicativos). Enquanto nos tradicionais meios digitais virtuais o acesso à informação ocorre por intermédio de um *browser*, com a interface baseada em um ambiente bidimensional de textos, imagens estáticas, em um Metaverso a navegação ocorre em ambiente tridimensional, dinâmico, sem a perda do acesso a esses mesmos textos, imagens, etc.

A palavra Metaverso teve origem no âmbito da ficção científica. O termo foi criado pelo escritor Neal Stephenson em 1992 no romance pós-moderno, intitulado *Snow Crash*, o qual foi utilizado para designar um mundo virtual ficcional. Segundo o autor, Metaverso tem caráter real, bem como utilidade real pública e privada, pois se trata de uma ampliação do espaço real do mundo físico dentro de um espaço virtual na internet. Lemos caracteriza os Metaverso como sendo,

A encarnação tecnológica do velho sonho de criação de um mundo paralelo, de uma memória coletiva, do imaginário, dos mitos e símbolos que perseguem o homem desde os tempos ancestrais, e se “materializa” na criação de MV3D, onde os sujeitos, representados por avatares experimentam a imersão, por meio da telepresença, interagindo e criando diferentes espaços representados em 3D para o viver e conviver, propiciando o surgimento de “mundos paralelos”. (LEMOS, 2002, p. 138).

Assim como o termo Metaverso, Neal Stephenson, em 1992, foi criador do termo “Avatar”, que designa a representação de um humano no ciberespaço. Segundo Schlemmer & Trein (2008, p. 04) Avatar é um,

Termo Hindu utilizado para descrever uma manifestação corporal de um ser imortal, ou uma manifestação neste mundo de um ser pertencente a um mundo paralelo. Deriva do sânscrito Avatāra, que significa "descida". No contexto tecnológico, o termo se refere a uma representação gráfica de um sujeito em um Mundo Virtual. (SCHLEMMER & TREIN, 2008, p. 04).

No contexto do MV3D, Avatar é o termo usado para nomear a representação gráfica de um sujeito no mundo virtual. De acordo com a tecnologia, pode variar desde uma simples imagem (um modelo bidimensional) até um sofisticado modelo em três dimensões (3D), pré-definido ou totalmente customizado/criado pelo sujeito. O Avatar pode ser uma simulação da aparência do corpo físico real ou ser fruto da imaginação, da criatividade de seu criador, o que possibilitará originar-se uma nova identidade. A personalização do Avatar aumenta significativamente o grau de “realismo”, influenciando diretamente na imersão do usuário, onde o mesmo poderá desenvolver um sentimento de pertencimento ao mundo. Nos Metaversos as regras, padrões, formas e parâmetros são definidos pelos sujeitos que vivem e convivem nesses espaços. De acordo com Schlemmer (2008) sabemos pouco sobre a percepção e sentimentos de presença propiciados via a interação de um Avatar com o MV3D.

Um mundo virtual é uma representação online persistente que contém a possibilidade de interação síncrona entre usuários e entre o usuário e mundo, dentro das regras de espaço desenvolvidas, como um universo navegável. "Mundos Virtuais" são mundos nos quais você pode se mover, através de representações persistentes do usuário, contrastando com mundos representados tradicionais de ficção, que são mundos apresentados como habitados por pessoas reais, mas que não são exatamente habitáveis. (KLAstrup, 2003, p. 02).

O MV3D se “materializa” pela criação de representações gráficas em 3D do mundo físico real, como citado anteriormente, necessitando diretamente da ação humana através das combinações realizadas no viver e no conviver e do estabelecimento de relações entre os Avatares e o mundo virtual. A interação nesse ambiente pode ocorrer de forma síncrona (simultaneamente) ou assíncrona (em tempos e espaços diferentes). Outra característica dos MV3D, é que os mesmos são híbridos, ou seja, possuem tecnologias como de jogos, ambientes virtuais de aprendizagem, comunicadores instantâneos, comunidades virtuais, dentre outros, uma vasta diversidade nas formas e condições para interação.

Para Backes (2012) um MV3D é uma simulação de um ambiente real, ou a formulação de um ambiente imaginário, fictício, criado para convivência e comunicação entre pessoas representadas por avatares que realizam ações e interagem entre si. Já Nelson e Erlanderson (2012) designam que MV3D são espaços com coordenadas em três dimensões onde o usuário movimenta o avatar que o representa, explorando o ambiente sozinho ou acompanhado de

outros usuários. Entretanto, Mueller et al. (2011) define que o mundo virtual (MV) precisa facilitar a interação de muitos usuários, mesmo distantes geograficamente. Essa interação deve ser síncrona, para que os usuários interajam em tempo real; o MV deve ter várias formas de comunicação incluindo voz, textos e em linguagem corporal; o usuário deve ser representado por um Avatar; os mundos devem ter duas propriedades que são fisicalidade e persistência, a primeira faz referência ao contexto de interação 3D compartilhada e a segunda ressalta que o ambiente deve continuar funcionando, mesmo que o usuário não esteja usando e, por fim, o programa deve lembrar a localização de pessoas e coisas bem como a posse de objetos.

Porém, para que o MV3D seja criado, é necessário a utilização de uma plataforma de desenvolvimento (*Opensimulator*). Dentre as plataformas mais usadas estão o *Second Life* (SL) e o *Open Simulator* (*OpenSim*). O SL é um mundo virtual desenvolvido em 2003, pela *Linden Lab*, sediada em San Francisco, EUA, criado com objetivo de entretenimento e interação social. Segundo Mattar Neto (2008), no que tange o uso do SL na educação, o mesmo possui diversos recursos como *chat*, com texto e voz, que podem ser gravados para posterior visualização assíncrona; apresenta tele transporte para outros locais do mundo; *displays* para demonstração de conteúdos e apresentação de *slides*; ferramentas de câmera para tirar fotos; uso de áudio e vídeo por *streaming*; permite a navegação em páginas *web* e a integração com o ambiente virtual de aprendizagem *Moodle*, através do *mashup SLoodle*.

O *OpenSim* é uma ferramenta *open source* escrita em linguagem C#, criada em 2007, suporta ambientes *online* em 3D com tamanhos variáveis dentro da mesma instância, além de muitos usuários que podem acessar por diferentes protocolos e criar seus próprios conteúdos tridimensionais em tempo real. Ávila et al. (2013) ressalta como pontos positivos que o Metaverso não exige muito conhecimento da pessoa que irá manuseá-lo, além disso, aceita diferentes formatos de arquivo, tanto os resultantes de ferramentas de modelagem 3D com extensão *.dae*, quanto arquivos com extensão *.xml* resultantes de repositórios *online*. Segundo Wagner et al. (2013), o *Opensim* possui alta compatibilidade com o SL, porém é menos restrito por ser totalmente gratuito, não limitando o número de objetos e o tamanho de *scripts*.

Segundo Crisp (2012) os mundos virtuais são capazes de criar ambientes de aprendizado e de avaliação, utilizar o MV3D como uma nova ferramenta de auxílio à construção do conhecimento pode ser muito positivo, porém ele, por si só, não promove a aprendizagem. Durante seu trabalho, Nelson e Erlanderson (2012) citam que a avaliação do mundo virtual está amplamente relacionada com a avaliação da aprendizagem que foi mediada por ele. Para avaliar a aprendizagem dentro de MV podem ser utilizadas ferramentas

de apoio pedagógico encontradas dentro do próprio ambiente tridimensional, como *wikis*, *blogs*, fóruns de discussão e portfólio, o *Quiz HUD3* e o *Sloodle*. O *Sloodle* é uma ferramenta gratuita que permite integrar mundos virtuais do SL e do *OpenSim* ao *Moodle* (*Sloodle*), que facilita a utilização dos diversos recursos contidos no MV3D. Outra forma de avaliar o processo de aprendizagem é através da técnica desenvolvida por Josep Novak, que trata da organização do conhecimento pelo mapeamento dos saberes demonstrados por mapas conceituais. Segundo Araújo et al. (2002) um dos objetivos da avaliação por mapas conceituais é conhecer a mudança da estrutura cognitiva do estudante com relação ao conteúdo estudado.

Revees & Harmon (1996) citados por Godói e Padovani (2008) atribuem uma enorme importância de avaliar critérios do MV3D como a facilidade de utilização, navegação e aspectos da carga cognitiva. Os autores fazem referência a três critérios, sendo eles: a quantidade de informação que a interface apresenta ao usuário; o design de tela, que apresenta às informações relevantes nos lugares certos; a apresentação da informação, que deve ser organizada e clara ao estudante. Ressaltam também a estética do ambiente, podendo ser avaliada como agradável ou não agradável, e a integração entre as mídias, que avalia se o programa permite a utilização de diversas mídias e se a funcionalidade geral do programa apresenta um padrão com relação à interface e aos critérios pedagógicos. Outra característica comentada por Revees & Harmon (1996) é a capacidade de o mundo virtual mapear os caminhos percorridos pelo usuário como forma de identificar problemas de utilização e aprendizado dentro dos cenários apresentados pelo ambiente.

Segundo Vygotsky (1999) a aprendizagem acontece por meio da interação do sujeito com o objeto de conhecimento e com outros sujeitos, caracterizando a interação como um dos elementos para o processo de ensino e aprendizagem, e isso é possível no MV3D através da criação de um Avatar. Porém, é preciso levar em consideração que o simples fato de utilizar o MV3D no contexto educacional não significa uma “inovação”. Inova-se à medida que os professores/pesquisadores apropriam-se das tecnologias presentes nos mundos virtuais, compreendendo sua natureza específica, a fim de criar novas metodologias, novas práticas e processos de mediação pedagógicas de acordo com as potencialidades que o MV3D oferece para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos.

5 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS E METODOLÓGICOS

Seguindo a sequência da pesquisa, neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos da UEPS. Inicialmente, é realizada a classificação da pesquisa quanto à abordagem, quanto aos objetivos e aos procedimentos utilizados. Posteriormente, nos subcapítulos é apresentado o contexto de aplicação deste trabalho.

Para Chizzotti (2008), as pesquisas são caracterizadas pelas peculiaridades com que os dados são coletados e, posteriormente, analisados, podendo ser de forma qualitativa ou quantitativa. Desta forma, nesta pesquisa optamos pela análise dos instrumentos de coleta de dados com uma abordagem qualitativa pois, conforme explica Chizzotti,

[...] o pesquisador supõe que o mundo deriva da compreensão que as pessoas constroem no contato com a realidade nas diferentes interações humanas e sociais, será necessário encontrar fundamentos para uma análise e para a interpretação do fato que revele o significado atribuído a esses fatos pelas pessoas que partilham dele. (CHIZZOTTI, 2008, p. 27-28).

Com base nos objetivos de acordo com Gil (2002, p. 41), a pesquisa desenvolvida é do tipo exploratória e explicativa. As pesquisas classificadas como exploratórias possuem o objetivo de propiciar uma maior familiaridade com o problema e torná-lo mais claro ou construir hipóteses. Para tanto, tais pesquisas com essa classificação têm por principal objetivo o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. A pesquisa explicativa tem por objetivo identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de fenômenos.

De acordo com os procedimentos utilizados, a pesquisa classifica-se como uma pesquisa participante, que Gil (2002, p. 55) caracteriza pela “[...] interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas”. Segundo Gil,

A pesquisa participante, por sua vez, envolve a distinção entre a ciência popular e a ciência dominante. Esta última tende a ser vista como uma atividade que privilegia a manutenção do sistema vigente e a primeira como o próprio conhecimento derivado do senso comum, que permitiu ao homem criar, trabalhar e interpretar a realidade sobretudo a partir dos recursos que a natureza lhe oferece. (GIL, 2002, p. 56).

A etapa de análise dos dados está ancorada na utilização da técnica de Análise de Conteúdo (AC), desenvolvida por Bardin (1977, 1979, 2011). De acordo Ferreira e Loguecio (2014, p. 33) essa técnica consiste em um “[...] instrumento de exploração interpretativa de documentos de diversas naturezas, procedida por técnicas que visam à organização e à

sistematização de unidades textuais para a evidenciação de núcleos de sentido, a exemplo de temas, conceitos e significados”.

Cabe destacar que a análise de conteúdo também foi utilizada para análise dos dados qualitativos desenvolvidos na RSL, disposta no Cap. VI. De acordo com Bardin, a AC consiste em:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 1979, p. 42).

Essa técnica de tratamento de dados qualitativos consiste na busca por significados implícitos em materiais textuais, a partir de sua interpretação teórica, por parte do pesquisador que deverá ter a percepção das possíveis categorias emergentes do material analisado. O método, segundo Bardin (1977), está organizado em torno de três polos cronológicos/fases, sendo eles: Pré-análise, Exploração do material e Tratamento dos Resultados: inferência e interpretação.

A primeira fase, a Pré-análise, pressupõem aquilo que a autora denomina como sendo a organização preliminar da pesquisa. Nesta etapa deve ocorrer “a escolha dos documentos a serem analisados, a formulação de hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final do pesquisador [...]” (BARDIN, p. 95). É nessa etapa que se estabelece um esquema de trabalho preciso e bem definido. Porém, cabe ressaltarmos que o mesmo deve apresentar certa maleabilidade. Silva e Fossá sistematizam essa fase, nos dizendo que a mesma compreende:

- a) Leitura flutuante: é o primeiro contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer os textos, entrevistas e demais fontes a serem analisadas;
- b) Escolha dos documentos: consiste na definição do corpus de análise;
- c) Formulação das hipóteses e objetivos: a partir da leitura inicial dos dados;
- d) Elaboração de indicadores: a fim de interpretar o material coletado [...] (SILVA E FOSSÁ, 2015, p. 3).

No decorrer do processo de escolha dos documentos, os mesmos devem estar dentro de algumas regras definidas por Bardin (2011) como a de **exaustividade** (uma vez definido o *corpus*³ da pesquisa, todos os elementos que o constituem devem ser esgotados pelo

³ Conjunto de documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos (BARDIN, 1977, p. 96).

pesquisador); **representatividade** (a amostra deve fornecer uma visão fidedigna do universo inicial); **homogeneidade** (os documentos devem seguir critérios de escolha bem definidos e não podem ser singulares); **pertinência** (documentos devem estar adaptados ao conteúdo e objetivo da pesquisa) e, por fim, **exclusividade** (cada elemento deve ser único dentro de uma categoria).

À segunda fase, sendo ela a exploração do material, inicia-se o processo de operações de codificação. Nessa os textos devem ser fragmentados pelo pesquisador de forma a gerar as chamadas unidades de registro (palavras, frases ou parágrafos). Com base nessas unidades, palavras-chave vão sendo percebidas e, portanto, deve-se organizá-las a partir de indicadores ou temas. Levando-se em conta as similaridades, ou frequência com que esses temas se repetem, deve ser feito novo agrupamento de forma a originar as categorias iniciais. Essas categorias iniciais, após nova aglutinação por conta de temas similares, darão origem a categorias intermediárias que, ao apresentarem correlações, devem ser sistematizadas em categorias finais que possibilitem ao pesquisador fazer inferências sobre o fenômeno em questão (FOSSÁ, 2003).

A última fase compreende o tratamento e validação dos dados brutos coletados. Nesse sentido, o mesmo deverá torná-los significativo a partir de inferências e interpretações que o possibilitem captar não apenas a superficialidade contida no texto mas sim o seu conteúdo latente, antes implícito no texto original (BARDIN, 2011).

Silva e Fossá (2015, p. 4) sintetizam a metodologia da Análise de Conteúdo a partir de sete etapas. São elas:

- 1) Leitura geral do material coletado (entrevistas e documentos);
- 2) Codificação para formulação de categorias de análise, utilizando o quadro referencial teórico e as indicações trazidas pela leitura geral;
- 3) Recorte do material, em unidades de registro (palavras, frases, parágrafos) comparáveis e com o mesmo conteúdo semântico;
- 4) Estabelecimento de categorias que se diferenciam, tematicamente, nas unidades de registro (passagem de dados brutos para dados organizados). A formulação dessas categorias segue os princípios da exclusão mútua (entre categorias), da homogeneidade (dentro das categorias), da pertinência na mensagem transmitida (não distorção), da fertilidade (para as inferências) e da objetividade (compreensão e clareza);
- 5) agrupamento das unidades de registro em categorias comuns;
- 6) agrupamento progressivo das categorias (iniciais → intermediárias → finais);
- 7) inferência e interpretação, respaldadas no referencial teórico. (SILVA E FOSSÁ, 2015, p. 4).

Com base na técnica AC, esperamos justificar e verificar na RSL, os elementos presentes e necessários durante a elaboração da proposta da UEPS.

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os resultados da busca e análise dos artigos, teses e dissertações publicados em Periódicos Acadêmico-Científicos (PAC) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) relacionados ao Ensino de Física/Ensino de Ciências contendo qualis A2, A4, B3, B4, de acordo com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), quadriênio 2013/2016 dentro da área de ensino. Através da revisão bibliográfica, norteadas pelo procedimento de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), foram coletados e analisados 205 trabalhos na primeira etapa, considerando o recorte temporal entre 2008 e 2020. Com base nos critérios de inclusão e exclusão, um total de 16 trabalhos foram selecionados para a amostra.

Como resultado obteve-se um panorama do que já foi pesquisado na área, com a indicação das principais características dos estudos, como conteúdos e plataformas utilizadas no desenvolvimento de MV3D, bem como suas contribuições e potencialidades no processo de ensino e aprendizagem de Física. Dentre essas destaca-se o uso adequado dos recursos da tecnologia tridimensional que permite reproduzir com qualidade os ambientes reais em um mundo virtual. Esta possibilidade de ambientar o fenômeno que está sendo estudado em um mundo virtual tridimensional, traz para o processo de ensino e aprendizagem a capacidade de o aluno relacionar o conteúdo da simulação com experiências já vivenciadas. Outro fator relacionado diretamente com engajamento do aluno dentro dos modelos de simulação produzido ocorre através da imersão proporcionada pela representação virtual deste no ambiente tridimensional, onde os mecanismos de controle do personagem virtual, o avatar, possibilitam uma quase presença do aluno dentro da simulação que está sendo desenvolvida.

Para a realização do levantamento nos PAC, selecionamos os seguintes periódicos: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (ENCITEC); Revista Educação Temática Digital (ETD); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT); Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE); Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE). A escolha por esses periódicos ocorreu devido a sua classificação no Qualis da Capes considerando a área do Ensino de Física/Ensino de Ciências, por serem as principais referências da área e terem disponibilidade on-line e gratuita.

6.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MONDOS VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

A Revisão Sistemática de Literatura - RSL está norteada por quatro questões de pesquisa, que englobam a utilização do MV3D para o ensino de Física sob a perspectiva dos tópicos de aprendizagem abordados, suas formas de aplicação e métodos de avaliação do ensino e aprendizagem. Kitchenham *et al.* (2010) afirmam que a metodologia recomendada para agregar estudos empíricos é uma abordagem RSL, que está presente em vários estudos atuais, como o realizado por Moreira *et al.* (2018). O mesmo desenvolveu uma RSL na área de Ensino de Física com ênfase no uso de recursos relacionados ao Arduino. O método proposto englobou artigos nacionais na área de ensino de Ciências e Física do Brasil no período de 2013 a 2017, levando em consideração o nível de classificação Qualis da Capes. Foram selecionados um total de 20 artigos, sendo classificados em duas categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula e propostas didáticas para aplicação em sala de aula. Os resultados obtidos identificaram o crescimento de pesquisas na área de ensino de Ciências e Física, com especial ênfase no quesito de abordagens experimentais que podem ser realizadas por meio de laboratórios didáticos.

Para atingir o propósito da RSL, este trabalho foi desenvolvido através de uma pesquisa exploratória, com vista a realizar um estudo por meio da coleta de teses e dissertações publicados na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), assim como artigos publicados em revistas eletrônicas nacionais, entre o período de 2008 até 2020. Este período justifica-se pelo fato do tema ser uma importante área de recursos para o ensino de física, bem como o primeiro trabalho foi publicado no ano de 2008 e a partir deste houve a expansão de estudos na área. Cabe destacar que, durante a pesquisa, foram analisados os resultados dos trabalhos selecionados utilizando a técnica de Análise de Conteúdo (AC) de acordo com Bardin (1977), levando em conta as considerações e conclusões feitas por diversos autores acerca da construção e utilização do MV3D no Ensino de Física.

Para elucidar a aplicabilidade do MV3D no âmbito educacional, com foco no Ensino de Física nos últimos doze anos, foi realizado um seguimento de RSL através do procedimento definido por Kitchenham *et al.* (2010). O procedimento de RSL é organizado nas fases de definição, execução e análise, conforme descrito no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Fases da RSL

Primeira Fase	Segunda Fase	Terceira Fase
Fase de Definição	Fase de Execução	Fase de Análise
Definição de um protocolo para a revisão, determinando as questões de pesquisa.	A revisão do protocolo é aplicada para pesquisar e identificar estudos relevantes.	Os trabalhos seleccionados são analisados e os dados são extraídos para responder às questões de pesquisa.
Elaboração dos critérios de inclusão e exclusão de trabalhos.	Seleção de trabalhos considerando os critérios de inclusão e exclusão.	
Escolha das fontes para extração dos dados.		
Elaboração da <i>string</i> de pesquisa.		

Fonte: Autores.

6.1.1 Definição das Questões de Pesquisa (QP) da RSL

Definição das questões de pesquisa para estudo:

QP1: Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?

QP2: Como tem sido abordado os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no Ensino de Física?

QP3: Como tem sido avaliado a utilização do MV3D no Ensino de Física?

QP4: Qual o período cronológico que ocorreu as publicações dos trabalhos?

De acordo com o objetivo e questões de pesquisa, foram definidos critérios para a seleção de estudos relevantes, contidos no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de Seleção

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
A pesquisa aborda a temática de Mundos Virtuais no âmbito do Ensino de Física.	O texto completo da pesquisa não está disponível; A pesquisa não está situada ou não possui foco no âmbito do Ensino de Física, sendo direcionada a outras áreas como saúde, psicologia, engenharia, design, computação etc.
A pesquisa aborda o processo de desenvolvimento, aplicação, utilização ou análise/avaliação de Mundos Virtuais no âmbito do Ensino de Física.	A pesquisa traz conceitos diferentes de Mundos Virtuais, como comunidades virtuais ou redes sociais, ou utiliza os termos da <i>string</i> de busca somente como referência.
A pesquisa considera Mundos Virtuais como ambientes tridimensionais representativos do mundo real.	O estudo centra-se apenas em aspectos teóricos e filosóficos (sem definição de técnica, aplicação e / ou metodologia).
O estudo foi publicado entre 2008 e 2020.	O estudo não apresenta os resultados de forma clara ou objetiva.

Fonte: Autores.

Definido os critérios de inclusão e exclusão para a seleção de estudos relevantes, a fonte de pesquisa bem com a *string* de busca foram montadas, conforme apresentado na seção a seguir.

6.1.2 Fonte de Pesquisa e String de Busca

A coleta dos artigos, teses e dissertações foi realizada por meio dos Mecanismos de Busca Acadêmicos (MBA). Segundo Bunchingher, Cavalcanti & Hounsel (2014, p. 109), o “mecanismo de busca” é a composição de site, motor de busca, recursos de interface e conjunto de bases de dados que cobrem uma determinada área do conhecimento, visando facilitar a identificação de materiais específicos e relevantes. Os mecanismos de busca consolidaram as pesquisas por informações na internet, sendo atualmente os principais meios de busca para alcançar fontes científicas como artigos de eventos ou periódicos. Portanto, os

MBA facilitam o acesso às publicações científicas, com possibilidade de uso em diversos filtros de ajuda.

Nesse sentido, foram utilizados os MBA presentes nos seguintes periódicos: Biblioteca Brasileira Digital de Teses e Dissertações (BDTD); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (ENCITEC); Revista Educação Temática Digital (ETD); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT); Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE); Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE).

A escolha dos periódicos científicos citados anteriormente leva em consideração suas características individuais dentro da área de Ensino de Física/Ensino de Ciências, sendo eles:

- **BDTD:** Integra e dissemina, em um só portal de busca, os textos completos das teses e dissertações defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa, o que significa a maior visibilidade da produção científica nacional e a difusão de informações de interesse científico e tecnológico para a sociedade em geral.
- **CBEF:** É um periódico quadrimestral, arbitrado, indexado, direcionado prioritariamente para os cursos de Licenciatura em Física e amplamente utilizado em pós-graduações em Ensino de Ciências/Física e em cursos de aperfeiçoamento para professores do Nível Médio. Atualmente, a revista é A2 no Qualis da Capes.
- **RBEF:** É uma publicação de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF), voltada aos aspectos culturais e temáticos de todas as áreas da física, com uma abordagem ampla e pedagógica, busca atingir um público de pesquisadores, estudantes de graduação, professores de física em todos os níveis e a comunidade engajada na pesquisa e desenvolvimento de métodos e materiais para o ensino da física. Atualmente, a revista é A2 no Qualis da Capes.
- **ENCITEC:** É um periódico quadrimestral, com publicação de textos científicos relacionados ao Ensino de Ciências, Ensino de Matemática, Ensino de Tecnologias, Ensino de Saúde ou áreas afins. Atualmente, a revista é B4 no Qualis da Capes.
- **ETD:** É uma publicação eletrônica multidisciplinar, que se dedica à publicação de artigos da comunidade científica nacional e internacional que investiguem questões de interesse do campo educacional e áreas afins. Tem como objetivo difundir conhecimento e pesquisas inovadoras para o saber educacional, tornando-se um espaço de incentivo à pesquisa e à produção em diferentes campos do conhecimento. Atualmente, a revista é A2 no Qualis da Capes.

- RBECT: Periódico eletrônico que prioriza a divulgação de trabalhos originais resultantes de pesquisa empírica e/ou teórica, envolvendo reflexões acerca do ensino da ciência e da tecnologia nas várias áreas do conhecimento em diversos graus de ensino que apresentem contribuição significativa para a área de Ensino de Ciência e Tecnologia. Atualmente, a revista é B4 no Qualis da Capes.
- RBIE: Busca reunir e publicar trabalhos multidisciplinares de excelência realizados por profissionais e pesquisadores na área de Informática na Educação. Procura-se disseminar as ferramentas, métodos e práticas que auxiliam no uso efetivo da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem. Atualmente, a revista é B3 no Qualis da Capes.
- RENOTE: É um periódico científico que tem por objetivo publicar trabalhos desenvolvidos na área da Informática na Educação. Busca promover/disseminar o uso de tecnologias de comunicação e informação na Educação. Atualmente, a revista é A4 no Qualis da Capes.

Para construir a cadeia de pesquisa, primeiro identificamos os conceitos centrais deste trabalho, que foram: Mundos Virtuais 3D; Física; Ensino de Física, Aprendizagem, Educação e Realidade Aumentada (RA).

Utilizando os conceitos centrais, a *string* de busca foi construída de forma genérica: no primeiro momento utilizou-se “Mundo Virtual” AND “Ensino de Física”; em um segundo momento, “Realidade Aumentada” AND “Ensino de Física”. Com base na *string* de pesquisa, as mesmas foram personalizadas de acordo com a sintaxe específica de cada um dos MBA.

6.1.3 Execução da Revisão

Na primeira etapa (Etapa 1), buscamos os textos nos periódicos previamente selecionados (conforme identificados na seção anterior). Como resultado dessa busca inicial, foram encontrados um total de 205 trabalhos, entre artigos, teses e dissertações. Os números específicos de trabalhos para cada banco de dados são apresentados no Quadro 3, bem como no Gráfico 1 para as etapas de pesquisa realizadas na primeira busca conforme *string* de pesquisa.

Quadro 2 - Banco de Dados: Primeira Busca⁴

MBA	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
<i>BDTD</i>	120	18	8
<i>CBEF</i>	28	6	0
<i>ENCITEC</i>	2	1	1
<i>ETD</i>	8	3	0
<i>RBECT</i>	20	10	1
<i>RBEF</i>	0	0	0
<i>RBIE</i>	1	1	1
<i>RENOTE</i>	26	16	5
Total	205	55	16

Fonte: Autores.

A segunda etapa da pesquisa (Etapa 2) consistiu-se na análise dos artigos, teses e dissertações selecionados na Etapa 1, na qual os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados para definir os trabalhos a serem utilizados para a análise final da RSL. Esta Etapa 2 consiste em ler os títulos, resumos e palavras-chave dos 205 trabalhos encontrados na Etapa 1, resultando em 55 trabalhos incluídos e 150 excluídos.

Finalmente, na terceira etapa (Etapa 3), foi realizada uma leitura completa dos 55 trabalhos selecionados na Etapa 2, e os critérios de inclusão e exclusão foram novamente aplicados. No final da Etapa 3, 39 trabalhos foram excluídos e 16 trabalhos foram considerados para análise de dados, conforme apresentado no Quadro 4.

⁴ Construída pela *string* de busca.

Quadro 3 - Trabalhos seleccionados na Etapa 3 da RSL

Título	Autor (res)	Periódicos Acadêmicos Científicos (PAC)
Mundos virtuais na educação: a Interatividade em Simulações de Fenômenos Físicos.	Greis (2012).	BDTD
LEO3D: Ambiente digital multididático para o ensino de óptica geométrica.	Salvo (2018).	BDTD
A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização das concepções e validação do aplicativo RVA_360 - Momento Angular.	França & Silva (2020).	RBECT
Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life.	Santos (2008).	RENOTE
Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais.	Greis & Reategui (2010).	RENOTE
O uso da realidade aumentada no ensino de física.	Sousa (2015).	BDTD
O ensino da física através de analogias com variantes	Matos (2017).	BDTD

Quadro 3 - Trabalhos selecionados na Etapa 3 da RSL

Título	Autor (res)	Periódicos Acadêmicos Científicos (PAC)
do jogo de xadrez: Potencializado com realidade aumentada.		
A formação de conceitos científicos em física: Uma proposta de ensino delineada pela teoria das ações mentais utilizando realidade aumentada.	Perrone (2018).	BDTD
O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objetos de visualização para a aprendizagem de física.	França (2019).	BDTD
Simulações computacionais 3D como ferramenta de apoio ao ensino de física.	Saib (2018).	BDTD
Recursos Educacionais em Realidade Aumentada para o Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Física.	Herpich (2019).	BDTD
Lançamento horizontal com realidade virtual: Jogo educativo para smartphones	Melendez, et al. (2019).	ENCITEC

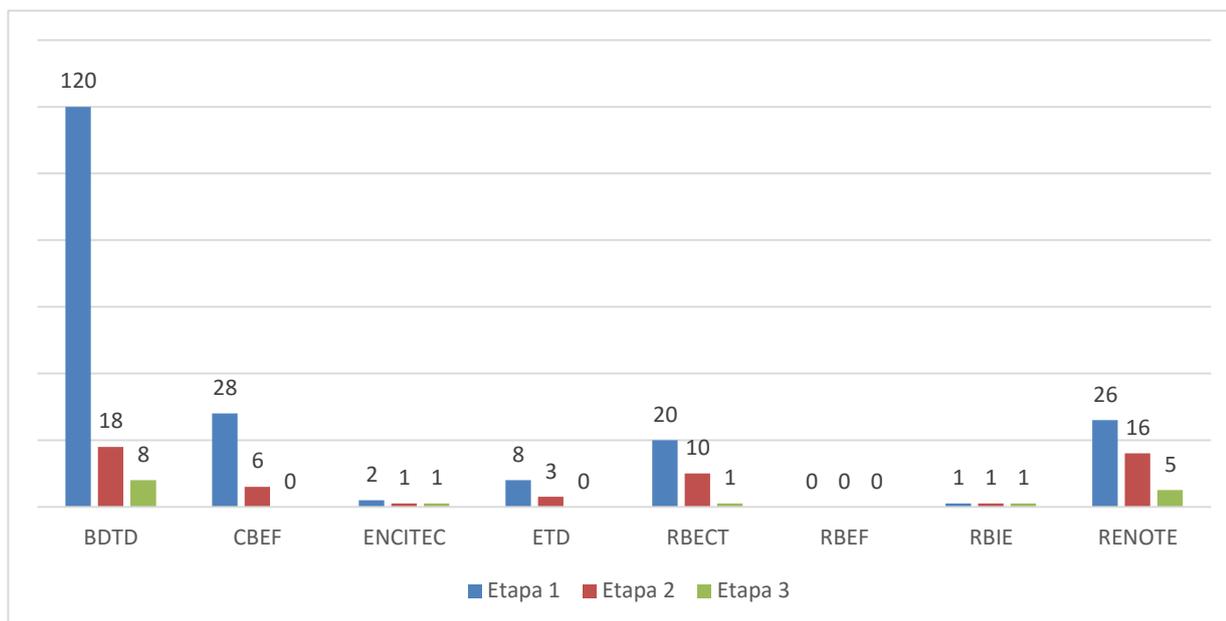
Quadro 3 - Trabalhos selecionados na Etapa 3 da RSL

Título	Autor (res)	Periódicos Acadêmicos Científicos (PAC)
desenvolvido por estudantes da educação profissional.		
Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada	Viegas, et al. (2012).	RBIE
Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino e Aprendizagem do Campo Magnético de um Ímã em Forma de Ferradura.	Ribeiro, et al. (2013).	RENOTE
Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física.	Dernardin & Manzano (2017).	RENOTE
Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física.	Nicolete, et al. (2019).	RENOTE

Fonte: Autores.

Para melhor detalhamento, o Gráfico 1 apresenta os trabalhos selecionados nos respectivos periódicos durante a Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3.

Gráfico 1 - Trabalhos encontrados nos periódicos selecionados durante a Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a seleção final, as teses, dissertações e artigos foram analisados e os dados extraídos, visando responder às questões de pesquisa QP1, QP2, QP3 e QP4, para, consequentemente, atingir o objetivo do estudo.

6.1.4 Extração dos Dados

Para organizar e facilitar o processo de análise dos dados da RSL, foi construído o Quadro 5, selecionando os respectivos dados para serem extraídos de cada trabalho.

Quadro 4 - Processo de Análise dos Dados

Questão de Pesquisa (QP).	Dados para Extração (DE).	Descrição.
QP1: Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?	Referências	Referência do Estudo.
	Conteúdos de Ensino de Física	Tópicos/temas/conteúdos de ensino na área de Física
QP2: Como tem sido desenvolvido os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no ensino de Física?	Metodologia	Metodologia para utilização do MV3D no ensino de Física.
	Teorias Educacionais	Teorias da educação que fornecem aprendizado utilizando TIC.
	Recurso digital	Quais recursos digitais foram utilizados.
QP3: Como tem sido avaliado a utilização do MV3D no Ensino de Física?	Público-alvo	Público-alvo selecionado para validação ou avaliação.
	Instrumento de coleta de dados	Instrumentos utilizados para coletar dados de avaliação.
	Resultados principais	Síntese dos principais resultados obtidos na avaliação do estudo.
QP4: Qual o período cronológico que ocorreu as publicações dos trabalhos?	Faixa cronológica.	Período em anos das publicações.

Fonte: Autores.

No Quadro 5 constam as descrições de cada dado para extração, cabe nele ressaltar que os DE considerados devem estar explícitos nos trabalhos.

6.1.5 Análise e Discussão dos Resultados

Nesta seção, passamos para a análise e as discussões dos dados para cada Questão de Pesquisa. Com o intuito de facilitar a compreensão, serão abordados separadamente as QP1, QP2, QP3 e QP4.

6.1.5.1 QP1) *Quais são os conteúdos de Física abordados com a utilização de MV3D?*

Para responder essa questão, foi identificado o conteúdo conceitual abordado em cada estudo selecionado na Etapa 3. O Quadro 6 a seguir apresenta os conteúdos conceituais abordados em cada trabalho.

Quadro 5 - Composição de conteúdos conceituais

Conteúdo	PAC	Autores	Descrição
<i>Campo Elétrico e Linhas de Campo</i>	RENOTE - Artigo	Denardin & Manzano (2017).	Sequência didática com uso de RA.
<i>Campo Magnético</i>	RENOTE – Artigo	Ribeiro, et al. (2013).	Simulação experimental com uso da RA.
<i>Circuitos Elétricos</i>	RENOTE – Artigo	Nicolete, et al. (2019).	Desenvolvimento de um Laboratório Remoto Aumentado e um Laboratório Virtual de RA.
<i>Colisão</i>	BDTD – Dissertação	Greis (2012).	Desenvolvimento de um simulador virtual através de Second Life.
		Greis & Reategui	Apresentação da

Quadro 5 - Composição de conteúdos conceituais

Conteúdo	PAC	Autores	Descrição
	RENOTE – Artigo	(2010).	possibilidade de utilização de um simulador social como recurso pedagógico.
<i>Corrente Elétrica</i>	BDTD – Dissertação	Sousa (2015).	Desenvolvimento de um simulador RA para o ensino de Física.
<i>Força Gravitacional, Conservação de Energia e Entropia</i>	BDTD – Dissertação	Matos (2017).	Desenvolvimento de um produto educacional em RA.
<i>Lançamento Horizontal</i>	ENCITEC – Artigo	Melendez, et al. (2019).	Desenvolvimento de um jogo educativo em RA.
<i>Leis de Newton</i>	RENOTE – Artigo	Santos (2008).	Experimentações das Leis da Física através do Mundo Virtual Second Life.
<i>Mecânica</i>	RBIE – Artigo	Viegas, et al. (2012).	Construção de uma ferramenta de apoio ao ensino de física utilizando RA.
<i>Mecânica, Hidrostática, Calorimetria, entre outros</i>	BDTD – Tese	Herpich (2019).	Experiências educacionais através do uso da RA em dispositivos móveis.
<i>Mecânica Vetorial</i>	BDTD – Dissertação	Saib (2018).	Sequência didática com integração de simulações computacionais 3D.
<i>Momento Angular</i>	BDTD – Tese	França (2019).	Elaboração de um

Quadro 5 - Composição de conteúdos conceituais

Conteúdo	PAC	Autores	Descrição
			recurso digital gerado com RV e RA imersiva.
	RBECT – Artigo	França & Silva (2020).	Criação de um software educativo RVA_360.
<i>MRU, MRUV e Movimento Periódico</i>	BDTD – Dissertação	Perrone (2018).	Sequência didática que utiliza a RA como recurso computacional para o ensino de Física.
<i>Óptica Geométrica</i>	BDTD – Tese	Salvo (2018).	Construção e desenvolvimento de um Jogo Educacional Digital Leo3D.

Fonte: Autores.

Conforme descrito no Quadro 6 é possível observar uma grande variabilidade de conteúdos, a seguir sendo apresentado um detalhamento mais aprofundado dos conceitos físicos abordados em cada trabalho.

Santos (2008) descreve as Leis de Newton no mundo virtual do *Second Life (SL)*. O autor aborda a mecânica newtoniana, as leis do movimento do ensino médio que descrevem o comportamento de objetos sob a influência de outros objetos e forças externas. Enquanto várias grandezas físicas tais como tempo, comprimento e ângulo têm seus correspondentes físicos no mundo real, no SL, porém, certas grandezas físicas apresentam uma definição bem diferente das da Física Newtoniana no mundo real, como:

- Massa: Como sendo o produto do volume pela densidade do material, no SL ela depende apenas do tamanho e da forma do objeto, mas não do material de que é feito, seja ‘nuvem’ ou pedra.

- Aceleração: A grandeza tem a definição física usual como “a taxa de mudança temporal da velocidade” (HAVOK, 2008, p. 380). Em termos newtonianos, a aceleração a de um objeto de massa m , quando sujeito à ação de uma força F é dada por: $F = m.a$. Embora não tenham sido implementados efeitos aerodinâmicos ou hidrodinâmicos de viscosidade com ar ou com a água, no SL para um objeto em queda livre, o valor da aceleração inicialmente é igual à aceleração da gravidade e irá reduzir até o valor nulo, simulando o efeito da resistência do ar que faz com que os objetos tendam a uma velocidade terminal, tal como no mundo real.
- Energia: É um conceito abstrato e sua conceituação advém do Princípio de Conservação da Energia. No SL, a gestão da energia é um recurso de otimização e corresponde à identificação de objetos que estão parados em uma cena e sua remoção da simulação física (numa operação conhecida como desativação ou ‘desligamento’ do objeto), até o momento em que ele começa a se movimentar novamente (HAVOK, 2008, p. 379). Desta forma, no SL, energia se assemelha mais a um conceito de atividade.
- Atrito: É uma função dos materiais em contato, do estado das superfícies de contato, sendo quantificada por um coeficiente de atrito, e também da força que o corpo exerce sobre a superfície do outro. No SL, simplesmente, objetos mais leves (com menos massa), nas mesmas condições, são menos afetados por atrito do que objetos com mais massa. Embora não se possa alterar o coeficiente de atrito, a fricção a que um objeto estará sujeito pode ser indiretamente modificada escolhendo-se o material de que é feito, dentre os disponíveis na construção do objeto.

França & Silva (2020) abordaram o conceito físico de Momento Angular. Sua escolha levou em consideração as dificuldades de aprendizagem relatadas em diversos artigos na área do ensino de física básica. Durante o trabalho apresenta-se uma revisão de conceitos físicos introdutórios, como a segunda lei de Newton, bem como uma abordagem detalhada sobre veículos de duas rodas (bicicleta ou motocicleta), sendo estes os objetos de visualização gerados e adotados como foco principal de ensino-aprendizagem.

Greis (2012) aborda os conceitos físicos que contemplam o estudo sobre a conservação do momento linear, além de envolver os conceitos de massa (m) e velocidade (v). No modelo proposto na pesquisa, apenas é considerado o choque unidimensional entre dois veículos (carro-choque) em um brinquedo de um parque de diversão. Dois corpos de massa e velocidade indicados pelo aluno colidem em uma mesma direção, ou seja, uma reta. No trabalho é considerado que o sistema contemple apenas a colisão perfeitamente elástica.

Salvo (2018) trabalhou com os seguintes conteúdos de Óptica Geométrica: Introdução, que apresenta os conceitos básicos sobre propagação da luz e formação de sombras; a reflexão, a refração e a dispersão da luz; os espelhos planos e esféricos. Conforme citado pelo autor, durante a pesquisa utilizou-se os preceitos da aprendizagem significativa, no qual o novo conceito se beneficiará dos subsunçores já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Dessa forma, os Laboratórios Didáticos Virtuais (LDV) foram pensados e modelados utilizando objetos presentes no dia a dia – espelhos, lanternas, cubos, entre outros – apresentando situações presentes no mundo real que possibilitam ao estudante interações conduzindo a uma aprendizagem ativa, construtiva, cooperativa, autêntica e intencional.

Em Greis & Reategui (2010), ocorreu a construção de um simulador educacional desenvolvido para a disciplina de física. O mesmo foi criado em um mundo virtual, *Second Life* (SL), e é destinado ao ensino e aprendizagem do fenômeno físico da colisão entre dois corpos. Este modelo possibilita que o aluno defina os valores das variáveis envolvidas na simulação: velocidade inicial e massa de ambos os corpos, além do coeficiente de elasticidade.

Souza (2015) abordou o conceito físico de condução elétrica, considerando o fato da criação de um objeto virtual, o qual compreende o segmento de um fio condutor onde pode-se observar os íons fixos que compõem a estrutura cristalina, bem como os elétrons livres que podem ser observados em movimento de origem térmica e ainda, em deslocamento oriundo de aplicação de um campo elétrico. Além disso, torna-se possível durante a aplicação, alterar parâmetros, dentre eles: velocidade de animação, para observar a magnitude térmica em comparação à velocidade de migração; intensidade do campo elétrico, que conseqüentemente altera a intensidade de deriva.

Matos (2017) teve como objetivo em seu trabalho facilitar as regras dos jogos de xadrez e ensinar os conceitos físicos de Força Gravitacional, Conservação de Energia e Entropia. Segundo o autor, o jogo aplicado abordou o conceito de Força Gravitacional e, por isso, levou o nome “xadrez gravidade”. Num segundo momento, abordou o conceito físico da Lei da Conservação de Energia. Segundo ele, os fenômenos naturais são irreversíveis exatamente por se realizarem sempre no sentido de estados ordenados para estados desordenados. Aumentando a desordem, aumenta a indisponibilidade da energia do sistema, aumentando sua entropia. O jogo denominado “xadrez entropia” procura auxiliar professores e alunos no entendimento dos conceitos de irreversibilidade, desordem e energia degradada (não útil).

Perrone (2018) explorou definições da Mecânica, em particular o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) e Movimento Periódico. Através de seu trabalho, o autor busca proporcionar aos alunos a interação com o objeto de pesquisa e sua visualização para definições e coletas de grandezas físicas, tais como: velocidade; força; massa; período.

França (2019), em seu trabalho, tem como foco principal o ensino e a aprendizagem do conceito físico de Momento Angular. Em uma primeira parte, o autor apresenta um tutorial descrevendo as grandezas físicas que envolvem as manobras com veículos de duas rodas, motocicletas especificamente, abordando uma revisão da segunda Lei de Newton e outros conceitos. Em uma segunda parte, o autor propõe três questões práticas, visando abordar a discussão sobre momento angular de forma imersa ou semi-imersa. Na terceira parte, a ferramenta RVA_360 é apresentada, onde a mesma está centrada em inovações nos processos de ensino aprendizagem em ciências mediados por objetos de visualização e o uso de Realidade Virtual e Aumentada na produção dos mesmos.

Saib (2018), em seu trabalho, introduz os conceitos de Mecânica Vetorial, desenvolvendo uma simulação que permite o aluno visualizar os vetores Posição, Posição Inicial, Deslocamento, Velocidade Instantânea e Aceleração, além de suas respectivas componentes. O autor aborda os conceitos introdutórios da cinemática vetorial, sendo eles: grandezas vetoriais e escalares; operações com vetores; vetor velocidade e vetor aceleração; movimento de um projétil; e suas aplicações.

Herpich (2019), durante sua pesquisa, desenvolveu experiências educacionais através do uso do aplicativo avatAR UFRGS em dispositivos móveis, abordando diversos conceitos físicos, dentre eles: Mecânica; Hidrostática; Calorimetria; Eletromagnetismo; Ondas; entre outros. Apresentou como objetivo do trabalho, implementar formas de oportunizar a aprendizagem dos conceitos de Física ao usuário ao acessar o aplicativo, tem-se acesso a diversos recursos educacionais, onde ocorre a visualização de fenômenos físicos micro e macroscópicos, por vezes invisíveis à sua percepção a olho nu.

Melendez, et al. (2019), direcionou seu trabalho para o ensino de física através do lançamento horizontal de projéteis. A escolha deste tema levou em consideração sua ocorrência natural em vários fenômenos cotidianos e as dificuldades na aprendizagem deste conceito físico. Com o intuito de possibilitar o estudo da temática, a simulação criada possibilitou inserir um comando para variação de velocidade inicial de lançamento. Dessa forma, pode-se compreender a atuação das forças de atração gravitacional e de resistência do ar que interferem diretamente no movimento do objeto lançado.

Viegas, et al. (2012), durante a pesquisa, apresenta uma ferramenta de apoio ao ensino de física que descreve e simula os conceitos de: Colisão Elástica entre blocos para exemplificar a lei de conservação do movimento; Lançamento Vertical e Queda Livre; Movimento Uniformemente Acelerado e a decomposição de forças e Movimento periódico.

Ribeiro, et al. (2013) apresenta em seu trabalho uma proposta de ensino e aprendizagem de campo magnético. Para isso, utilizou-se um ímã em forma de ferradura, onde pode ser visualizada e simulada a representação das linhas de campo magnético uniforme em três dimensões. Segundos os autores, tal fenômeno físico não é possível de ser visualizado a olho nu e, normalmente, para fins educativos, nos livros didáticos o campo magnético é representado em planos bidimensionais, ou seja, traçando um conjunto de linhas na região onde elas existem.

Denardin & Manzano (2017) abordaram em seu trabalho os conceitos Físicos de Campo Elétrico e Linhas de Campo; neste estudo analisou-se o uso de elementos de RA incorporando aspectos físicos relacionados à blindagem eletrostática (gaiola de Faraday).

Nicolete, et al. (2019), apresenta em sua pesquisa o uso de recursos tecnológicos para o ensino de circuitos elétricos. Os recursos desenvolvidos foram utilizados como apoio para ensino de conceitos básicos de eletricidade e associação de resistores, sendo possível observar os diferentes comportamentos luminosos das lâmpadas e o comportamento da corrente elétrica nos circuitos em série e em paralelo.

6.1.5.2 QP2) Como tem sido abordado os conteúdos nos trabalhos que utilizam MV3D no ensino de Física?

Dos 16 trabalhos selecionados para análise e interpretação, oito (8) foram publicados na BDTD, um (1) na ENCITEC, um (1) na RBECT, um (1) na RBIE, e cinco (5) foram publicados na RENOTE. O tema de *MRU e MRUV* foi aplicado em dois trabalhos diferentes, Perrone (2018) e Seib (2018). Esses desenvolveram uma sequência didática que permite a integração de simulações 3D como recurso computacional para o ensino de Física. Os temas *Mecânica, Hidrostática, Calorimetria, entre outros*, Herpich (2019), *Campo Magnético*, Ribeiro, et al. (2013) e *Campo Elétrico e Linhas de Campo*, Denardin e Manzano (2017), também fazem uso e aplicação de atividades didáticas no ensino de Física através de simuladores 3D. Os demais conteúdos tiveram como objetivo a construção e desenvolvimento de um simulador ou recurso educacional 3D.

Nicolete, et al. (2019) desenvolveu dois laboratórios online: um Laboratório Virtual de RA e um Laboratório Remoto Aumentado (LRA). O LRA foi criado a partir de um laboratório remoto já existente. O mesmo consiste em três circuitos elétricos simples, dos quais os alunos podem interagir conectando e desconectando as lâmpadas, possibilitando observar os diferentes comportamentos da corrente elétrica em circuitos em série e em paralelo. Este experimento demonstra de forma lúdica como a corrente elétrica percorre o circuito, mostrando a presença, ausência e sua intensidade por meio de animação e composição de cores. Os objetos 3D utilizados para a composição do Laboratório Remoto Aumentado foram modelados por meio da ferramenta *Unity 3D*⁵ (2018), em linguagem de programação C#⁶. A RA é integrada por meio do *framework* Vuforia, que através de uma série de abstrações, possibilita a relação de marcadores, desenvolvidos em *Unity*. A comunicação bidirecional entre a RA e o *hardware* do laboratório remoto foi implementada através de um sistema de *web sockets*, para tanto foi utilizada *SocketIO*, uma biblioteca *Javascript/C#*.

Greis & Reategui (2010) desenvolveram em seu trabalho um simulador educacional para a disciplina de física. Construído em um mundo virtual do *Second Life*, este simulador é destinado ao ensino e aprendizagem do fenômeno físico da colisão entre dois corpos. O objetivo do simulador é reproduzir uma situação que não só ambiente o fenômeno físico da colisão entre dois corpos em algo possível de ser observado em uma situação real, mas que também contemple a imersão do aprendiz no modelo proposto. A situação escolhida foi o choque de dois veículos que se locomovem sobre trilhos. A narrativa escolhida possibilita remeter os estudantes a um parque de diversões, no qual alunos e professores se reúnem para visualizar uma situação de colisão real. A construção dos veículos envolvidos na simulação permite que os alunos estejam no interior dos corpos que irão colidir. Além da observação do fenômeno do interior do veículo, é possível que a colisão seja observada de diversos ângulos diferentes de fora do veículo, e repetidas vezes para a melhor compreensão do fenômeno físico. Segundo os autores, pode-se identificar que os ambientes virtuais favorecem a interatividade de alunos e professores envolvidos nos processos de simulação, auxiliando na compreensão dos conteúdos que estão sendo abordados. A imersão propiciada pelos avatares, dentro dos cenários tridimensionais, além das relações sociais que se estabelecem nesta mídia social, pode ser o motor que instiga alunos a um engajamento e dedicação maiores neste

⁵ Um motor de jogo que permite o desenvolvimento de aplicativos com uso de imagens 3D, que nativamente oferece suporte ao desenvolvimento para Android.

⁶ Uma das linguagens padrão de desenvolvimento em Unity 3D.

espaço virtual. Para estes novos alunos, que não distinguem a diferença entre aprender em um ambiente real ou virtual, novos espaços de aprendizagem surgem a cada dia e podem ser integrados aos processos de ensino/aprendizagem.

Sousa (2015) desenvolveu um objeto virtual simulado de RA para o ensino de Física abrangendo o conteúdo de corrente elétrica a partir do uso de *software* com modelagem 3D, dentre eles: *Flux Studio* da *Media Machines*, *Vivaty Studio* da *Vivaty*, *Blender* da *Blender Foundation*, *3 ds Max* da *Autodesk* e o *VrmlPad* da *Parallelgraphics*. O objeto virtual simulado desenvolvido representa o modelo clássico de *Drude*.

Santos (2008) aborda as Leis de Newton no mundo virtual do *Second Life*. Segundo o autor, este metaverso é possivelmente o ambiente virtual mais realista do mercado atual, pois os objetos dentro dele são controlados pelo *software Havok™*. Este potente *software* foi usado na realização de efeitos especiais em vários filmes, tais como Tróia (*Troy*), X-Men: O Confronto Final (*X-Men: The Last Stand*), Harry Potter e a Ordem da Fênix (*Harry Potter and the Order of the Phoenix*) e As Crônicas de Nárnia: Príncipe Caspian (*The Chronicles of Narnia: Prince Caspian*), entre outros (HAVOK, 2008). Em princípio, *Havok* implementa a mecânica newtoniana, as leis do movimento do ensino médio que descrevem o comportamento de objetos sob a influência de outros objetos e forças externas. O objetivo de seu projeto é proporcionar uma simulação que dê ao jogador um ambiente de jogo consistente para explorar. A surrealidade do *Second Life*, tal como apresentada no trabalho desenvolvido pelo autor (SANTOS, 2008), poderia, à primeira vista, se constituir num obstáculo à sua utilização como ambiente de simulação para o aprendizado de Física.

Matos (2017) desenvolveu um produto educacional através de um jogo de Xadrez. Trata-se de “variantes do xadrez tradicional”, onde se utilizam regras do movimento de peça do xadrez ampliadas com outras regras e conceitos físicos, entre eles Gravidade, Conservação de Energia e Entropia. O recurso de Realidade Aumentada que faz parte do produto educacional está presente na forma de códigos de leitura (QR CODE), esses marcadores podem ser acessados através de um *smartphone* com o aplicativo *App Augment*.

Melendez, et al. (2019) criaram um objeto virtual de aprendizagem, um jogo de lançamento horizontal de projéteis direcionado para o ensino de física. Para o desenvolvimento do jogo utilizou-se o aplicativo *Unity* - uma das plataformas mais populares e completas para a criação de jogos digitais e disponível gratuitamente na versão Personal - com o efeito *Low Poly* (malha poligonal para computação gráfica tridimensional).

Viegas, et al. (2012), apresentam uma ferramenta de apoio ao ensino de física, abrangendo o conteúdo de mecânica e utilizando Realidade Aumentada através do *SudaRA*

(Suporte ao Desenvolvimento de Aplicações em RA). Este suporte consiste em um *framework* de suporte ao desenvolvimento de aplicações de RA, desenvolvido em C++ e baseado no *ARToolKit*.

França (2019) fornece o processo de criação e concepção de uma ferramenta computacional dedicada e pensada para o ensino de física. O recurso digital, RVA_360 – Momento Angular, foi disponibilizado em duas versões de uso da Realidade Virtual e Aumentada. Uma no modo imersivo, com o uso da plataforma *Oculus Rift*, e a outra no modo semi-imersivo, para diversas plataformas computacionais. Ainda no processo inicial de preparação para a criação da ferramenta, destaca-se a adoção da linguagem *Virtual Reality Modeling Language* (VRML). De forma mais detalhada e técnica, VRML é uma linguagem de programação de computadores bastante utilizada no âmbito da Realidade Virtual e Aumentada e o objetivo é nortear a implementação computacional com a sua utilização para a produção de objetos de visualização. Os componentes feitos na linguagem VRML são totalmente compatíveis com a *Unity 3D* e isso significa que é possível ter uma cidade montada com bibliotecas de componentes da plataforma e os avatares feitos em VRML. Esta ferramenta propõe a produção de objetos de visualização para o ensino de física que auxiliem a modelização e potencialização da habilidade de abstração e representação dos aprendizes (alunos da atualidade imersos nas tecnologias).

Salvo (2018) desenvolveu um jogo educacional que utiliza os preceitos de mundos virtuais, laboratórios de simulação e jogos de entretenimento, explorando os conteúdos de óptica geométrica. Além da *Unreal Engine*, utilizada para o desenvolvimento do jogo proposto, outras ferramentas apoiaram o processo. Estas foram responsáveis pelas edições de imagens, sons, modelagem 3D, entre outras. Após a definição do ambiente de desenvolvimento (*Unreal Engine*) o trabalho apresenta as principais etapas realizadas para a criação do JED proposto.

6.1.5.3 QP3) Como tem sido avaliado a utilização do MV3D no ensino de Física?

Para responder essa questão, foram coletados os dados mencionados no Quadro 5 com os principais resultados em relação ao ensino, aprendizagem e utilização dos MV3D no ensino de Física. Os principais resultados, em relação ao processo de ensino e aprendizagem, são apresentados em seguida.

Inicialmente, para caracterização dos trabalhos analisados, é interessante explicitar alguns dados sobre o público-alvo, o tipo de pesquisa e os instrumentos de coleta de dados

utilizados nas pesquisas aqui analisadas. As atividades de MV3D foram, na maioria dos trabalhos, aplicadas em turmas de Educação Básica, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Fundamental. Como instrumentos de coleta de dados, utilizou-se na maioria dos trabalhos questionários e relatos dos sujeitos de pesquisa, caracterizando uma predominância de pesquisas de caráter qualitativo.

Referente às potencialidades no processo de ensino e aprendizagem, notou-se que a tecnologia promove e desperta o interesse e o engajamento dos alunos, tornando o processo motivador na maioria dos trabalhos. Pode-se notar que as simulações construídas nos mundos virtuais agregam um elemento potencializador da construção do conhecimento sobre os conceitos físicos estudados. Segundo Greis (2012) ao utilizar Mundos Virtuais como um ambiente educacional ganhamos a liberdade de construir através de cenários virtuais um ambiente verossímil, possível de ser vivenciado pelo aluno em qualquer momento.

Esta nova situação permite fornecer ao aluno um ambiente simulado apresentando a condição de não apenas tratar de conceitos prontos sobre o conteúdo que será trabalhado, mas sim promover a possibilidade do aluno alcançar ou elaborar seus próprios pré-conceitos, estabelecer relações, testar hipóteses, “errar e acertar” de forma livre. Aqui vale ressaltar a competência do professor na aplicação das atividades, em relação a concepção teórica e metodológica de Ensino e Aprendizagem. O professor, por ser o mediador da atividade educacional, deve escolher cuidadosamente e organizar situações colaborativas de aprendizagem que façam sentido e sejam relevantes para os alunos (MOREIRA, 2011).

Vale ressaltar algumas dificuldades do uso do MV3D, que ocorreram possivelmente por conta da falta de computadores, tablets, smartphones ou aparelhos com um bom potencial computacional, uma vez que é necessário que os mesmos comportem as configurações operacionais de acordo com as recomendações para uso adequado das simulações 3D. Segundo Nicolete, et al. (2019, p. 10),

Os problemas técnicos encontrados devido à tecnologia utilizada por alguns estudantes provocam frequentemente uma compreensão adversa sobre o que é falha do processo no ensino e da aprendizagem e do que é limitação do recurso tecnológico utilizado. Esta situação pode alterar a percepção, motivação e o engajamento do aluno nas atividades propostas. (NICOLETE et al., 2019, p. 10).

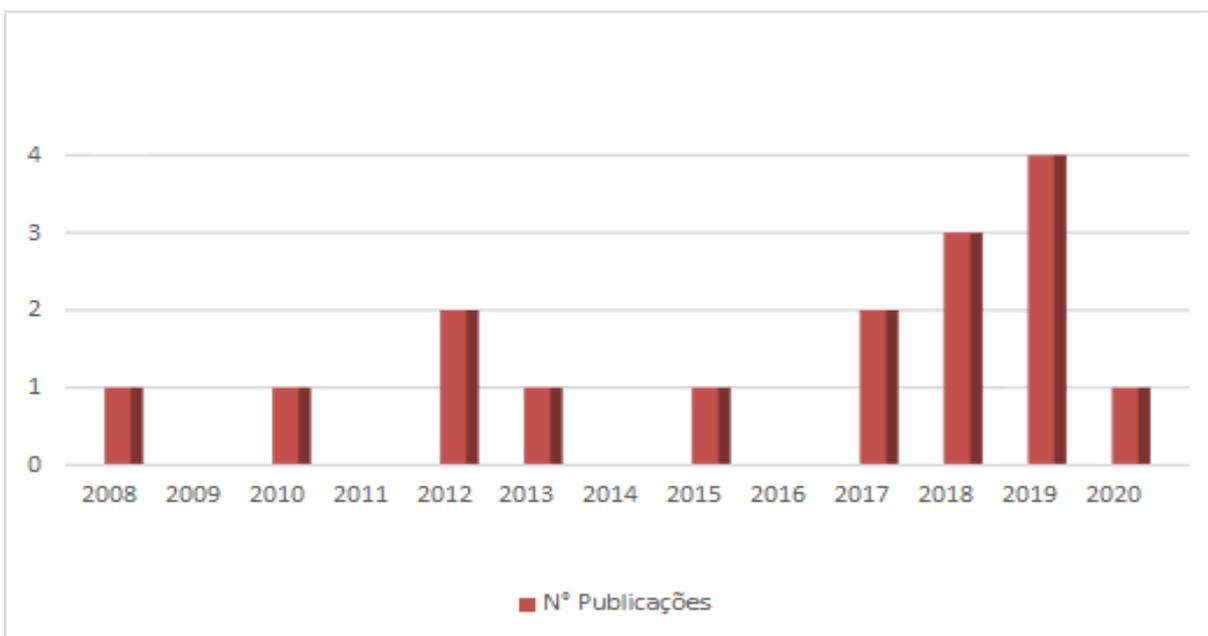
Outro fator que tende a ser problemático quanto ao uso do MV3D está relacionado a necessidade de um acesso à internet com boa banda larga, o que demanda uma alta taxa de transferência de dados para o perfeito funcionamento do ambiente virtual. Cabe ressaltar que

algumas das simulações apresentadas nos trabalhos podem ser acessadas no modo *off-line*, porém isso restringe as potencialidades do uso e do aprendizado.

6.1.5.4 QP4) Qual o período cronológico que ocorreu as publicações dos trabalhos?

Através do Quadro 4, percebemos que a aplicação de atividades utilizando MV3D vem aumentando durante os últimos anos. No intervalo entre 2008 até 2016 (nove anos), foram publicados seis trabalhos, já no intervalo de 2017 a 2020 (quatro anos), foram publicados um total de dez trabalhos, como pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Período Cronológico das publicações



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tais dados formam um indício de interesse e potencialidades das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem de física. Esse interesse colabora com um dos focos na BNCC, que aborda o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para a realização de uma série de atividades relacionadas a todas as áreas do conhecimento. Entre as competências e habilidades definidas nesta etapa que o aluno deve desenvolver, podemos destacar o uso de diversas ferramentas de *software* e aplicativos para compreender e produzir

conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento (BRASIL, 2018).

6.1.6 Considerações Finais

A pesquisa desenvolvida traz à luz as suas contribuições para o engajamento de novos desenvolvedores e pesquisadores nas áreas de ensino-aprendizagem de Física, bem como retrata um panorama da produção, utilização e criação de MV3D voltados para o ensino e aprendizagem de conceitos físicos. Apesar do caráter exploratório desta pesquisa, a mesma tem por objetivo principal caracterizar as produções da área relacionados ao tema já destacado.

O professor, por ser o mediador da atividade educacional, deve escolher cuidadosamente e organizar situações colaborativas de aprendizagem que façam sentido e sejam relevantes para os alunos (MOREIRA, 2011, p. 11). Mesmo que o recurso do MV3D torne-se um aliado do professor, o mesmo deve preparar-se para mediar a construção do conhecimento e a interação dos alunos. Em relação à tecnologia e conteúdo utilizados, é importante que nessas atividades os alunos colaborem, discutam, discordem, busquem consensos. Segundo Souza,

Embora insistamos na capacitação dos professores para uso das TICs entendemos que o professor é um profissional do ensino e não um desenvolvedor/programador profissional, todavia, ao não encontrar material didático apropriado para alguma atividade de ensino que pretenda abordar em sala de aula, pode o professor, desde que devidamente qualificado, desenvolver seu próprio material e disponibilizá-lo para outros professores. (SOUZA, 2015, p. 113).

Além da formação do professor, é importante que os MV3D possuam interfaces criativas, oportunizando ao professor e ao aluno, simular e criar novos experimentos ou simulações, fazendo uso dos mecanismos externos necessários para mediação e comunicação, por meio de atividades reais e virtuais. Assim, os métodos de ensino quando utilizados para o aprendizado devem ser devidamente planejados e, se necessário, replanejados. Segundo Perrone,

Fazer uso das mais diversas tecnologias existentes hoje na educação é um passo para o desenvolvimento das práticas pedagógicas e sua eficácia no desenvolvimento cognitivo, preparando seres humanos capazes de resolver problemas atuais com criatividade e independência científica. (PERRONE, 2018, p. 93).

Quando os recursos da tecnologia tridimensional são utilizados de maneira adequada, os mesmos permitem reproduzir com qualidade os ambientes reais em um mundo virtual. Esta possibilidade de ambientar o fenômeno que está sendo estudado em um mundo virtual tridimensional, traz para o processo de ensino e aprendizagem a capacidade do aluno relacionar o conteúdo da simulação com experiências já vivenciadas (GREIS & REATEGUI, 2010), possibilitando a diversão e o entusiasmo pelo novo durante a prática educativa. Esta condição certamente contribuirá na formação dos conceitos científicos. Para Medeiros & Medeiros (2002, p. 79),

Qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este, matematizado e processado pelo computador, a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. A construção, portanto, de uma simulação computacional pressupõe, necessariamente, a existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado. Às simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos reais ou imaginários, de sistemas ou fenômenos. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002, p. 79).

Estas experiências com simulações computacionais são certamente mais intensas e significativas para o aluno do que o modelo descritivo que simplesmente demonstra o fenômeno. Suas interações através do ambiente simulado despertam um maior interesse e engajamento nas atividades propostas na disciplina, tendo como principal função a melhoria do processo ensino/aprendizagem como um todo. A interatividade e imersão propiciados pelo ambiente virtual proporcionaram um maior nível de engajamento dos alunos envolvidos na pesquisa (GREIS, 2012).

Outro fator que pode identificar a ampliação do engajamento do aluno nos modelos de simulação produzidos em mundos virtuais é o uso da imersão, condicionada pela representação virtual destes no ambiente. Os mecanismos de controle do personagem virtual, o avatar, possibilitam uma quase presença do aluno dentro da simulação. Este sentido de telepresença amplia a experiência do aluno na interação com o modelo de simulação e, principalmente, com os conteúdos que estão sendo trabalhados (LÉVY, 1996).

A inserção dos MV3D no contexto educacional torna-se uma ferramenta potencializadora no processo de ensino e aprendizagem. Sua utilização na educação é uma alternativa, um complemento para as atividades no ensino da Física, principalmente a conteúdos que apresentam fenômenos e conceitos abstratos. Os MV3D possibilitam o desenvolvimento de competências específicas norteadas pela BNCC. O uso das TICs no ensino é uma alternativa de enriquecimento didático entre o professor e o aluno que vai além da oralidade, da escrita e dos habituais livros-textos (SOUZA, 2019). Sua aplicação deve ser

estimulada para todos os indivíduos, sendo eles professores ou alunos, sejam envolvidos e façam parte do processo de ensino e aprendizagem.

7 PROPOSIÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) – ENSINO DE CONCEITOS DE MECÂNICA

A proposta didática desenvolvida ocorre por meio da UEPS para trabalhar os conceitos de Mecânica na perspectiva de explicar os fenômenos físicos envolvidos nos brinquedos da pracinha, como o gira-gira, balanço, escorregador e a gangorra. Os brinquedos de parques de diversões utilizam-se de princípios da Mecânica para criar movimentos aos quais não estamos habituados, gerando novas sensações. Por isso, um parque de diversões, conforme a Figura 1, abaixo é um ótimo local para ilustrar princípios básicos da Mecânica.

Figura 1 - Pracinha de brinquedo



Fonte: <https://www.ilhasolteira.sp.gov.br/?p=>

Nesse sentido, a UEPS é estruturada a partir dos oito passos descritos por Moreira (2016) e, de forma concomitante, dentro de alguns desses passos (Quadro 7) pode ser utilizado a metodologia da Sala de aula invertida que, resumidamente, pressupõe o professor como um facilitador no processo de ensino-aprendizagem que irá guiar e instigar a curiosidade e a autonomia intelectual do aluno (SANTO e PIRES, 2017).

Quadro 6 - UEPS proposta

Passos da UEPS	Descrição
1º Passo	Definição de conceitos: A partir do objetivo geral apresentado e da delimitação do tema proposto, identificamos os conteúdos necessários para que os estudantes consigam compreender os conceitos físicos.
2º Passo	Situação inicial: Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Para que os estudantes externalizem seus conhecimentos prévios sobre Mecânica, o professor deve orientá-los a construir Mapas Conceituais (MC). Logo em seguida eles deverão responder um pré-teste relacionado aos conteúdos a serem trabalhados.
3º Passo	Situações-problema iniciais: Como forma de facilitar a compreensão dessa etapa da possível UEPS faremos divisão por aulas. (Propostas de atividades experimentais investigativas) (uma situação problema para cada UEPS)
4º Passo	Diferenciação progressiva: Trabalhados conceitos físicos básicos para fins de revisão, ocorrerá o aprofundamento dos conceitos estudados.
5º Passo	Diferenciação progressiva: Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

Quadro 6 - UEPS proposta

Passos da UEPS	Descrição
6° Passo	Reconciliação Integrativa: Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior.
7° Passo	Avaliação somativa individual: Apresenta-se situações problema para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa.
8° Passo	Efetividade da UEPS: Para essa análise devem ser consideradas as avaliações desenvolvidas pelo professor, seja as de registro (mapas, exercícios...) como as de percepções durante as atividades propostas. Além disso, propomos uma (re)aplicação do pré-teste, aplicado no segundo passo desta UEPS.

Fonte: Autor.

Durante o processo de proposição da possível UEPS, cada passo será dividido em aulas de modo a facilitar a compreensão dos professores para uma aplicação futura deste recurso didático.

7.1 CARACTERIZAÇÃO DE ESPAÇO DA PESQUISA

Em consequência do cenário pandêmico originado no ano de 2019 pelo COVID-19, afetando o Brasil no ano seguinte, alguns objetivos específicos da pesquisa não puderam ser atingidos, assim a caracterização do espaço de pesquisa não pôde ser definida. Para tanto, a

aplicação da UEPS em um ambiente escolar não pôde ser realizada, afetando substancialmente a análise dos resultados.

7.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUJEITO DE PESQUISA

A UEPS, como especificado no próximo capítulo (cap. VII), abrange o conteúdo de Mecânica para os alunos da 1^o série do Ensino Médio. Espera-se que os mesmos já tenham conhecimentos em física adquiridos através do dia a dia, que de fato facilitará o diálogo, bem como a interação entre aluno/professor e professor/aluno durante a aplicação da proposta didática. A caracterização do sujeito de pesquisa ficou incompleta devido ao momento pandêmico enfrentado pela sociedade, conforme especificado na introdução da pesquisa. Sendo assim, como destacamos acima, não foi possível a implementação da sequência de UEPS, parando na etapa da construção e desenvolvimento sem sua aplicação perante ao contexto educacional.

7.3 ASPECTOS GERAIS DAS UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

7.3.1 Primeira Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)

Parágrafo de Introdução: Esta é a primeira de quatro UEPS que foram construídas tratando dos conceitos de mecânica. As atividades foram propostas a partir da realidade vivenciada pelos alunos em uma pracinha de brinquedo.

Total de horas-aula a serem destinadas para o desenvolvimento da UEPS:
12h/aula

Passos da UEPS:

1^o Passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

Objetivo Geral: Explicar a dinâmica e o funcionamento do brinquedo denominado Gangorra, trabalhando os conceitos físicos relacionados.

Objetivos específicos:

- Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio em física de acordo com os conteúdos a serem trabalhados;
- Fomentar o uso das atividades práticas experimentais relacionadas com os conceitos físicos de força, massa, movimento, leis de Newton, Equilíbrio Estático, a fim de compreender o funcionamento do brinquedo Gangorra;
- Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando os indícios de possível aprendizagem significativa.

Definição de conceitos: A partir do objetivo geral apresentado, identificamos os conteúdos conceituais necessários para que os estudantes consigam compreender o funcionamento da gangorra.

Conteúdos abordados:

- Massa;
- Força;
- Primeira Lei de Newton;
- Segunda Lei de Newton;
- Terceira lei de Newton;
- Equilíbrio Estático.

2º Passo: Situação inicial (2h/aula).

Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, para que os mesmos externalizem seus conhecimentos prévios sobre Física. Os alunos deverão responder um pré-teste (Apêndice E). Esse será utilizado em todas as UEPS propostas, porém aplicado somente uma vez para toda a classe.

3º Passo: Situações-problema iniciais (1h/aula).

SUGESTÃO:

Assista a gif:

Link: <https://www.pinterest.at/pin/292030357090781244/>

- **1º Problematização:** Dois colegas de turma chegam a uma praça de brinquedos da cidade de Santa Rosa - RS. Rapidamente escolhem o brinquedo “gangorra” como o primeiro. A Figura 2 representa o brinquedo escolhido.

Figura 2 - Gangorra



Fonte: <https://www.flex.ind.br/produto/gangorra-4-lugares-ferro-fe14/>

Algumas questões norteadoras de forma a gerar as discussões iniciais:

- 1) Já brincaram em uma pracinha de brinquedo?
- 2) Vocês sabem o que essa imagem representa?
- 3) Qual é a sensação de brincar em uma gangorra?
- 4) Como funciona esse brinquedo?

2º Problematização: Ao chegarem na fila para “brincar” perceberam que outros dois colegas já estavam iniciando a brincadeira. E, ao analisarem o movimento de ambos, registraram uma foto através do celular de um professor, que está reproduzida conforme Figura 3.

Figura 3 - Animação do movimento da gangorra



Fonte: <https://www.pinterest.at/pin/292030357090781244/>

- 5) Na situação ilustrada na figura, o que ocorreu?
- 6) Porque isso ocorre? Quais são as grandezas físicas envolvidas nessa situação?
Munidos da discussão elaborada até aqui, responda a seguinte situação problema:
- 7) O que é equilíbrio?

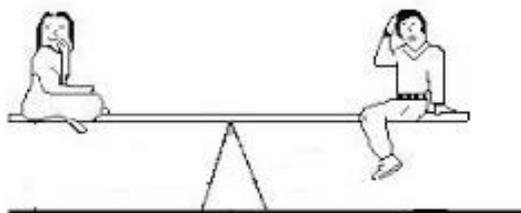
4º Passo: Diferenciação progressiva (2h/aula).

Apresentação dos principais conceitos físicos básicos para fins de revisão e posterior aprofundamento dos conceitos envolvidos no movimento da gangorra. Assim, a discussão pode ser iniciada a partir das seguintes questões:

- 8) Supondo que ambos os colegas tenham massas respectivas iguais a x e y . Quais posições devem ocupar em uma gangorra, para que ambos permaneçam em equilíbrio?

3º Problematização: Dois colegas estavam brincando na gangorra, quando aconteceu a situação ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Corpos em equilíbrio na gangorra



Fonte: Autor Desconhecido.

Logo em seguida o professor fará o seguinte questionamento:

- 9) O que está acontecendo na gangorra?
 - 10) Os corpos estão em equilíbrio?
 - 11) Quais são as forças que atuam sobre os corpos?
- Os conteúdos encontram-se no Apêndice A.

5º Passo: Diferenciação progressiva (2h/aula).

Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

O professor deve começar essa aula retomando a questão 7) O que é equilíbrio? A partir da retomada desse diálogo, deve ser proposto que os estudantes manipulem o simulador presente em <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>. Nesse primeiro momento, deve ser explorado o “Princípio da Alavanca”, conforme Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Menu apps de Física

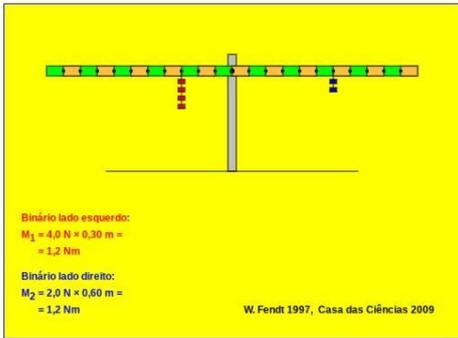
Mecânica	
Movimento com aceleração constante	2.11.2000 - 22.12.2017
Equilíbrio entre três forças	11.3.2000 - 22.12.2017
Resultante de forças (Adição de vectores)	2.11.1998 - 22.12.2017
Decomposição de uma força nas suas componentes	30.5.2003 - 22.12.2017
Sistema de roldanas	24.3.1998 - 22.12.2017
Princípio das alavancas	1.11.1997 - 22.12.2017
Plano inclinado	24.2.1999 - 22.12.2017
Experiência da Segunda Lei de Newton	23.12.1997 - 23.12.2017
Movimento de um projectil	13.9.2000 - 23.12.2017
Colisões elásticas e inelásticas	7.11.1998 - 23.12.2017
Pêndulo de Newton	4.11.1997 - 23.12.2017
Movimento circular uniforme	25.3.2007 - 23.12.2017
Carrossel (Força centrípeta)	10.3.1999 - 23.12.2017
Montanha-russa invertida (Força centrípeta)	8.3.2020 - 12.12.2020
Primeira Lei de Kepler	25.3.2000 - 23.12.2017
Segunda Lei de Kepler	4.4.2000 - 23.12.2017
Pressão hidrostática no interior de um líquido	3.2.1999 - 3.2.2019
Impulsão nos líquidos	19.4.1998 - 23.12.2017
Oscilações e Ondas	

Fonte: <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>

Figura 6 - Princípio das alavancas

Princípio das Alavancas

Este app mostra uma alavanca interfixa à qual podem ser aplicadas pequenos pesos de valor unitário 1,0 N. Os braços relativos a cada peso aplicado podem ser lidos através das marcas de côr, em que cada uma corresponde a 0,10 m. A alavanca está em equilíbrio quando se inicia a aplicação. Podem-se acrescentar ou retirar massas, ou colocá-las noutro ponto com um simples toque do rato.



Binário lado esquerdo:
 $M_1 = 4,0 \text{ N} \times 0,30 \text{ m} = 1,2 \text{ Nm}$

Binário lado direito:
 $M_2 = 2,0 \text{ N} \times 0,60 \text{ m} = 1,2 \text{ Nm}$

W. Fendt 1997, Casa das Ciências 2009

A alavanca está em equilíbrio quando o momento das forças do lado esquerdo for igual ao momento das forças do lado direito.
 $\sum p \times b = 0$

Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/lever_pt.htm

Logo mais será realizado uma próxima simulação disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/. A simulação de Física a ser realizada é a “Balançando”, conforme Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Menu Phet Colorado

SIMULAÇÕES ENSINO PESQUISA INICIATIVAS DOAR 🔍 👤



Balançando

Sob Pressão

Atrito

Forças e Movimento: Noções Básicas

John Travoltagem

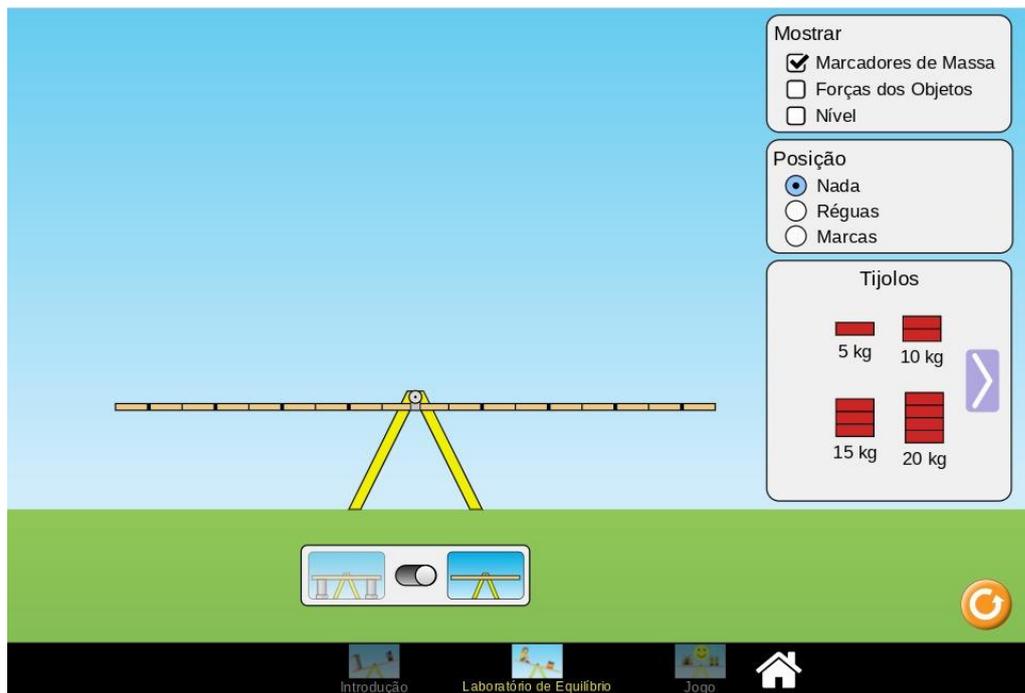
Laboratório de Força Gravitacional

Balões e Eletricidade Estática

Lei de Ohm

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Figura 8 - Balançando na gangorra



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html

A partir destas simulações o professor deve questionar os estudantes se a definição dada por eles para solução da questão 7 está de acordo com a simulação realizada.

6º Passo: Reconciliação Integrativa (1h/aula).

Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior.

12) Dois garotos estão sobre uma gangorra que se encontra em uma praça. Um dos garotos tem massa de 50 kg e está a 1,5 m do centro do brinquedo. Sabendo que a massa do segundo garoto é de 62,5 kg, determine a distância entre ele e o centro da gangorra para que o brinquedo permaneça equilibrado na posição horizontal.

13) Um estudante de engenharia desenvolveu o projeto de um braço mecânico capaz de abrir e fechar portas a partir de um comando de voz. O equipamento deveria ser instalado atrás da porta e, a partir de um determinado comando, teria capacidade de rotacionar o sistema. Na montagem do sistema, o braço mecânico foi instalado de forma que a posição

onde exercia a força capaz de rotacionar a porta correspondia à metade da largura desta. O projeto não foi avaliado com a nota máxima porque:

- a) não há relevância no desenvolvimento de um braço mecânico com a finalidade de abrir portas.
- b) a rotação da porta seria impossível se o braço mecânico fosse instalado na posição planejada.
- c) o braço deveria ser instalado o mais próximo possível das dobradiças para que a rotação do sistema fosse executada com um menor esforço.
- d) o braço deveria ser instalado o mais distante possível das dobradiças para que a rotação do sistema fosse executada com um menor esforço.
- e) a posição escolhida para a instalação do braço mecânico corresponde à posição onde o esforço para rotação da porta é máximo.

7° Passo: Avaliação somativa individual (3h/aula).

Apresenta-se um pós-teste para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa (Apêndice F).

8° Passo: Efetividade da UEPS (1h/aula).

Para essa análise devem ser consideradas as avaliações desenvolvidas pelo professor como: exercícios propostos, participação/interação dos alunos, análise do pré-teste e pós-teste.

7.3.2 Segunda Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)

Parágrafo de Introdução: Esta é a segunda de quatro UEPS que foram construídas tratando dos conceitos de mecânica. As atividades foram propostas de forma a partir da realidade vivenciada pelos alunos em uma pracinha de brinquedo.

Total de horas-aula a serem destinadas para o desenvolvimento da UEPS: 12h/aula

Passos da UEPS:

1° Passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

Objetivo Geral: Explicar a dinâmica e funcionamento do “balanço”, trabalhando os conceitos físicos relacionados.

Objetivos específicos:

- Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio em física de acordo com os conteúdos a serem trabalhados;
- Fomentar o uso das atividades práticas experimentais relacionadas com os conceitos físicos de Movimento Circular, Movimento periódico, a fim de compreender o movimento do brinquedo balanço;
- Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando os indícios de possível aprendizagem significativa.

Definição de conceitos: A partir do objetivo geral apresentado, identificamos os conteúdos conceituais necessários para que os estudantes consigam compreender o funcionamento do balanço.

Conteúdos abordados:

- Movimento Circular;
- Movimento periódico.

2º Passo: Situação inicial (2h/aula).

Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, para que os mesmos externalizem seus conhecimentos prévios sobre Física. Os alunos deverão responder um pré-teste (Apêndice E). Esse será utilizado em todas as UEPS propostas, porém aplicado somente uma vez para toda a classe.

3º Passo: Situações-problema iniciais (1h/aula).

SUGESTÃO:

Acesso a gif.

Link: <https://reygif.com/gif/nina-columpio-64121?fullscreen>

4º Problematização: Um dos colegas resolve mudar de brinquedo e sua opção de escolha é o balanço. A Figura 9 representa o brinquedo escolhido.

Figura 9 - Balanço



Fonte: <https://bestplay.com.br/produto/playground-de-ferro-balanco-tradicional-2-lugares/7243>

Algumas questões norteadoras podem ser feitas aos estudantes de forma a gerar as discussões iniciais:

- 14) Vocês sabem o que essa imagem representa?
- 15) Qual é a sensação de brincar em um balanço?
- 16) Como funciona esse brinquedo?

5° Problemática: Um dos colegas ao chegar no balanço para “brincar” visualizou o brinquedo e percebeu a seguinte situação:

Figura 10 - Movimento do balanço



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 17) Na situação ilustrada na figura, o que está ocorrendo?
 18) Quais são as grandezas físicas envolvidas nessa situação?

4º Passo: Diferenciação progressiva (3h/aula).

Apresentação dos principais conceitos físicos básicos para fins de revisão e posterior aprofundamento dos conceitos envolvidos no movimento do balanço. Assim, a discussão pode ser iniciada a partir das seguintes questões:

- 19) Qual é o movimento realizado pelo balanço?
 20) O que é movimento Circular?

Os conteúdos encontram-se no Apêndice B.

5º Passo: Diferenciação progressiva (2h/aula).

Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

O professor deve começar essa aula retomando a questão 20) O que é movimento circular? A partir da retomada desse diálogo, deve ser proposto que os estudantes manipulem o simulador presente em <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>. Nesse primeiro momento, deve ser explorado o “Movimento Circular Uniforme”, em um segundo momento, deve ser explorado o “Pêndulo Simples”, conforme as Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Simulação do movimento circular uniforme

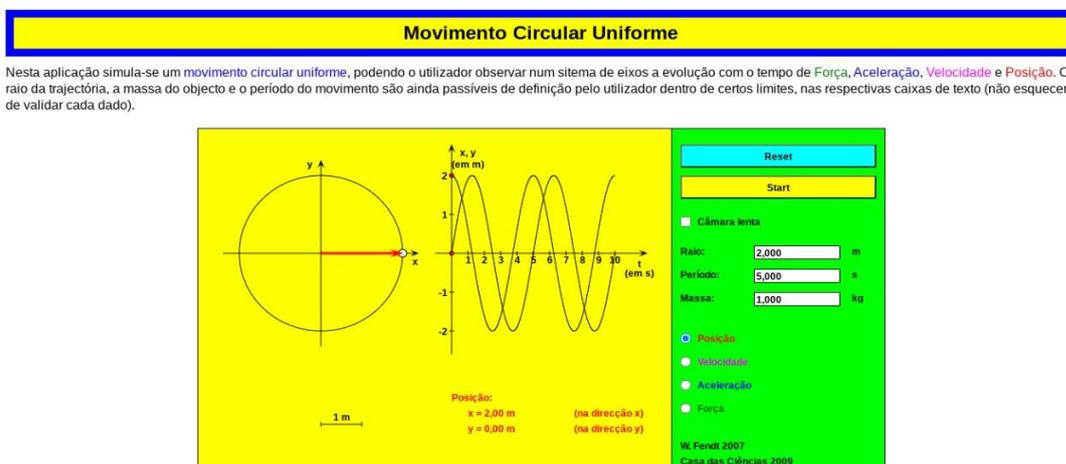
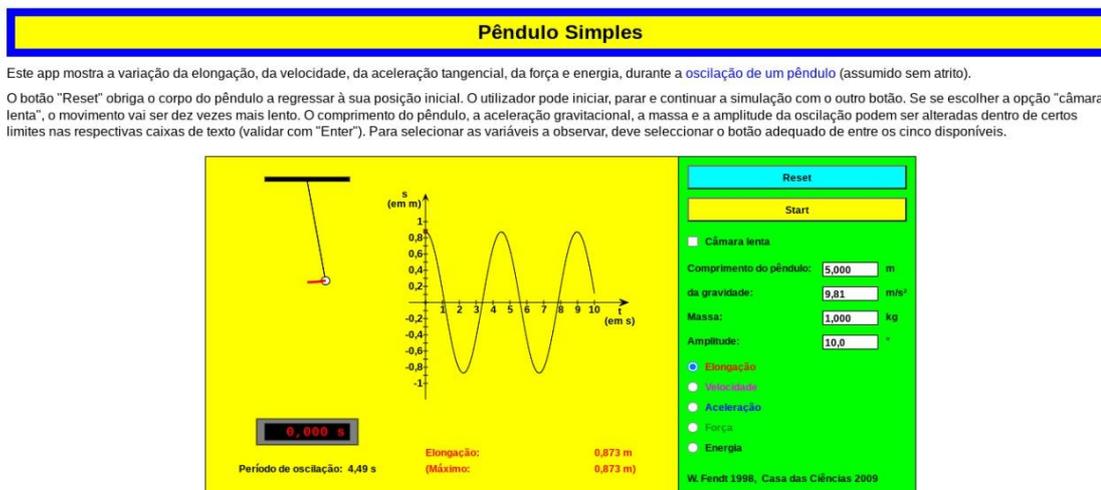


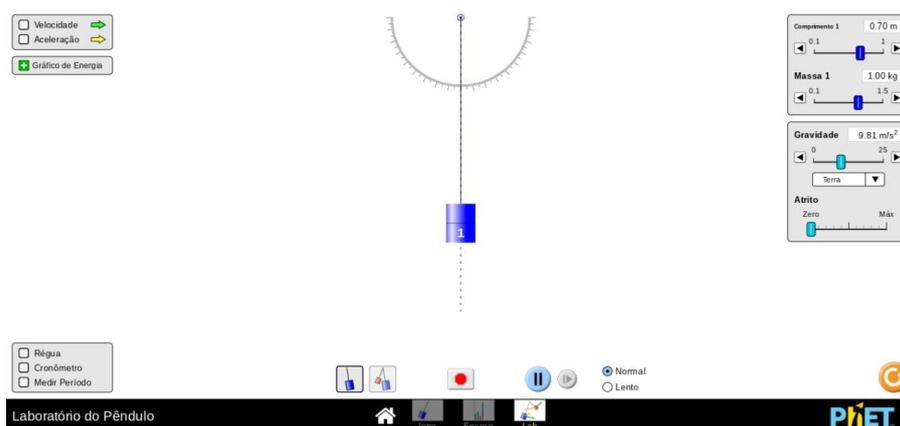
Figura 12 - Simulação do pêndulo simples



Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/pendulum_pt.htm

Logo a seguir será realizada a simulação do “Laboratório do Pêndulo”, disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/, conforme Figura 13.

Figura 13 - Simulação do pêndulo simples



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html

A partir destas simulações o professor deve questionar os estudantes se a definição dada por eles para solução da questão 20, estão de acordo com a simulação realizada.

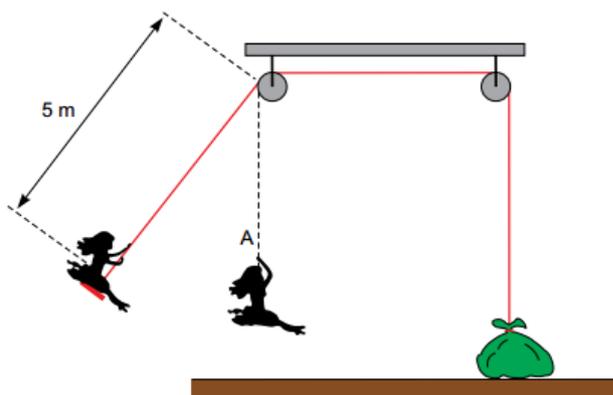
6º Passo: Reconciliação Integrativa (1h/aula).

Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior.

21) (UNICAMP – 2017) Um dos brinquedos comum em parques de diversões é o chapéu mexicano, em que cadeiras são penduradas com correntes na borda de uma estrutura circular que gira com seu eixo de rotação perpendicular ao solo. Considere um chapéu mexicano com estrutura circular de raio $R = 6,3$ m e correntes de comprimento $L = 2$ m. Ao girar, as cadeiras se elevam 40 cm, afastando-se 1,2 m do eixo de rotação. Calcule a velocidade angular de rotação do brinquedo.

22) (UNESP – 2016) Uma garota de 50 kg está brincando em um balanço constituído de um assento e de uma corda ideal que tem uma de suas extremidades presa nesse assento e a outra, em um saco de areia de 66 que está apoiado, em repouso, sobre o piso horizontal. A corda passa por duas roldanas ideais fixas no teto e, enquanto oscila, a garota percorre uma trajetória circular contida em um plano vertical de modo que, ao passar pelo ponto A, a corda fica instantaneamente vertical. Desprezando a resistência do ar e a massa do assento, considerando $g=10\text{m/s}^2$ e as informações contidas na Figura 14.

Figura 14 - Movimento da criança



Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior velocidade, em m/s, com a qual a garota pode passar pelo ponto A sem que o saco de areia perca contato com o solo é igual a:

a) 2

- b) 5
- c) 3
- d) 4
- e) 1

7° Passo: Avaliação somativa individual (2h/aula).

Apresenta-se um pós-teste para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa (Apêndice F).

8° Passo: Efetividade da UEPS (1h/aula).

Para essa análise devem ser consideradas as avaliações desenvolvidas pelo professor como: exercícios propostos, participação/interação dos alunos, análise do pré-teste e pós-teste.

7.3.3 Terceira Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)

Parágrafo de Introdução: Esta é a terceira de quatro UEPS que foram construídas tratando dos conceitos de mecânica. As atividades foram propostas de forma a partir da realidade vivenciada pelos alunos em uma pracinha de brinquedo.

Total de horas-aula a serem destinadas para o desenvolvimento da UEPS:
(12h/aula)

Passos da UEPS:

1° Passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

Objetivo Geral: Explicar a dinâmica e funcionamento do gira-gira, explicitando os conceitos físicos envolvidos.

Objetivos específicos:

- Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio em física de acordo com os conteúdos a serem trabalhados;
- Fomentar o uso das atividades práticas experimentais relacionadas com os conceitos físicos de Movimento Circular, Movimento periódico e Força Centrípeta, a fim de compreender o movimento do brinquedo gira-gira;

- Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando os indícios de possível aprendizagem significativa.

Definição de conceitos: A partir do objetivo geral apresentado, identificamos os conteúdos conceituais necessários para que os estudantes consigam compreender o funcionamento do gira-gira.

Conteúdos abordados:

- Movimento Circular;
- Movimento Periódico;
- Dinâmica do movimento Circular.

2º Passo: Situação inicial (2h/aula).

Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, para que os mesmos externalizem seus conhecimentos prévios sobre Física. Os alunos deverão responder um pré-teste (Apêndice E). Esse será utilizado em todas as UEPS propostas, porém aplicado somente uma vez para toda a classe.

3º Passo: Situações-problema iniciais (1h/aula)

SUGESTÃO:

Acesso a gif:

Link: <https://www.pinterest.at/pin/310115124341374927/>

6º Problematização: Um dos colegas resolve mudar de brinquedo e sua opção de escolha é o gira-gira. A Figura 15 representa o brinquedo escolhido.

Figura 15 - Gira-gira



Fonte: <https://www.equadras.com/carrossel-gira-gira>

Algumas questões norteadoras podem ser feitas aos estudantes de forma a gerar as discussões iniciais:

- 23) Vocês sabem o que essa imagem representa?
- 24) Qual é a sensação de brincar em um gira-gira?
- 25) Como funciona esse brinquedo?

7° Problematização: Ao chegar no gira-gira para “brincar”, um dos colegas percebeu que o brinquedo estava em movimento, ou seja, que seu colega “girava”, conforme a gif apresentada na sugestão.

- 26) Quais são as grandezas físicas envolvidas nessa situação?
- 27) Qual o tipo de movimento que ocorre nessa condição?

4° Passo: Diferenciação progressiva (3h/aula)

Apresentação dos principais conceitos físicos básicos para fins de revisão e posterior aprofundamento dos conceitos envolvidos no movimento do gira-gira. Assim, a discussão pode ser iniciada a partir das seguintes questões:

- 28) O que é Força Centrípeta?

Os conteúdos encontram-se no Apêndice C.

5° Passo: Diferenciação progressiva (2h/aula).

Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

O professor deve começar essa aula retomando a questão 28) O que é força centrípeta? A partir da retomada desse diálogo, deve ser proposto que os estudantes manipulem o simulador presente em <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>. Nesse primeiro momento, deve ser explorado o “Carrossel (Força Centrípeta)”, em um segundo momento, deve ser explorado o “Montanha-Russa Invertida (Força Centrípeta)”, conforme as Figuras 16, 17 e 18.

Figura 16 - Simulação do carrossel

Carrossel (Força centrípeta)

A velocidade de um corpo em movimento bem como a sua direção permanecem constantes de acordo com a primeira lei de Newton (*lei da inércia*) se nenhuma força atua sobre ele. Para um movimento circular as circunstâncias são diferentes: Para o movimento ser uniforme - com velocidade de valor constante - deve existir uma força, chamada **força centrípeta**, direcionada para o eixo de rotação. Este modelo simplificado de um carrossel demonstra o modo como existe essa força.

Existem na zona verde em cima quatro botões rádio que podem ser activados em alternativa. Se escolher o segundo surgem os vectores correspondentes às forças que estão a ser exercidas sobre cada um dos oito pêndulos representados: o peso está a cor preta, a força exercida pela corda a azul. A resultante está a vermelho, e é numericamente igual à força centrípeta aplicada a cada um dos objectos.

Para além da simulação, os outros dois botões de rádio mostram, ou um esboço bidimensional simples das força aplicadas, ou os valores numéricos das grandezas associadas ao movimento circular.

Se se quiser observar exactamente a cada momento os vectores, pode-se parar a rotação, utilizando o botão "Pausa / Continuar" ou ainda tornar o movimento dez vezes mais lento com a opção "câmara lenta". Os campos de texto permitem variar os parâmetros do movimento dentro de certos limites (não esqueça de pressionar a tecla "Enter" para validar cada alteração de dados).

Nota: A simulação pressupõe um movimento circular com velocidade angular constante e despeza-se a resistencia do ar bem como os efeitos sobre a massa das bolas com as alterações do movimento.

Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/carousel_pt.htm

Figura 17 - Simulação do carrossel em movimento

Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/carousel_pt.htm

Figura 18 - Simulação da montanha-russa

Montanha-Russa Invertida (Força Centrípeta)

Velocidade:	0,000 m/s	→ 1 m/s
Peso:	9,810 N	
Força de contato:	9,810 N	
Força tangencial:	0,000 N	→ 10 N
Força centrípeta:	0,000 N	
Força total:	0,000 N	

Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/looping_pt.htm

A partir deste simulador o professor deve questionar os estudantes se a definição dada por eles para solução das questões do tópico 27, se as mesmas estão de acordo com a simulação realizada.

6° Passo: Reconciliação Integrativa (1h/aula).

Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior.

29) Considere uma montanha russa em que um carrinho desce por uma rampa de altura $H=5\text{m}$ e, ao final da rampa, passa por um trecho circular de raio $R=2\text{m}$. Calcule o módulo da aceleração no ponto mais baixo do circuito, considerando que o carrinho partiu do repouso.

30) (CPS-SP) Salto de penhasco é um esporte que consiste em saltar de uma plataforma elevada, em direção à água, realizando movimentos estéticos durante a queda. O saltador é avaliado nos seguintes aspectos: criatividade, destreza, rigorosa execução do salto previsto, simetria, cadência dos movimentos e entrada na água. Considere que um atleta salte de uma plataforma e realize 4 rotações completas durante a sua apresentação, entrando na água 2 segundos após o salto, quando termina a quarta rotação. Sabendo que a velocidade angular para a realização de n rotações é calculada pela expressão:

$$W = \frac{n \cdot 360}{\Delta t}$$

em que n é o número de rotações e Δt é o tempo em segundos, assinale a alternativa que representa a velocidade angular das rotações desse atleta, em graus por segundo.

- a) 360
- b) 720
- c) 900
- d) 1080
- e) 1440

7° Passo: Avaliação somativa individual (2h/aula).

Apresenta-se um pós-teste para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa (Apêndice F).

8º Passo: Efetividade da UEPS (1h/aula).

Para essa análise devem ser consideradas as avaliações desenvolvidas pelo professor como: exercícios propostos, participação/interação dos alunos, análise do pré-teste e pós-teste.

7.3.4 Quarta Unidade Potencialmente Significativa (UEPS)

Parágrafo de Introdução: Esta é a quarta de quatro UEPS que foram construídas tratando dos conceitos de mecânica. As atividades foram propostas de forma a partir da realidade vivenciada pelos alunos em uma pracinha de brinquedo.

- Total de horas-aula a serem destinadas para o desenvolvimento da UEPS: (11h/aula)

Passos da UEPS:

1º passo: Definir os conceitos específicos a serem abordados e os objetivos a serem alcançados.

Objetivo Geral: Explicar a dinâmica e funcionamento do escorregador, explicitando os conceitos físicos envolvidos.

Objetivos específicos:

- Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio em física de acordo com os conteúdos a serem trabalhados;
- Fomentar o uso das atividades práticas experimentais relacionadas com os conceitos físicos do Plano inclinado;
- Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando os indícios de possível aprendizagem significativa.

Definição de conceitos: A partir do objetivo geral apresentado, identificamos os conteúdos conceituais necessários para que os estudantes consigam compreender o funcionamento do escorregador.

Conteúdos abordados:

- Movimento;
- Leis de Newton;

- Força;
- Atração Gravitacional;
- Cinemática uni e bidimensional.

2º Passo: Situação inicial (2h/aula)

Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, para que os mesmos externalizem seus conhecimentos prévios sobre Física. Os alunos deverão responder um pré-teste (Apêndice E), o mesmo será utilizado em todas as UEPS, porém aplicado somente uma vez para toda a classe.

3º Passo: Situações-problema iniciais (1h/aula).

SUGESTÃO:

Acesso a gif:

Link: <http://ceialmerindadealbuquerque.blogspot.com/2020/02/uma-pracinha-no-meu-quintal.html>

8º Problematização: Um dos colegas vai para o brinquedo escorregador. A Figura 19 representa o brinquedo escolhido.

Figura 19 - Escorregador



Fonte: <https://www.flex.ind.br/produto/escorregador-infantil-fe08/>

Algumas questões norteadoras podem ser feitas aos estudantes de forma a gerar as discussões iniciais:

- 31) Vocês sabem o que essa imagem representa?
- 32) Qual é a sensação de brincar em um escorregador?
- 33) Como funciona esse brinquedo?

9º Problematização: Um segundo colega ao chegar no escorregador para “brincar” visualizou seu amigo brincando e percebeu a seguinte situação conforme Figura 20.

Figura 20 - Escorregando



Fonte: <https://www.cleanpng.com/png-child-playground-slide-illustration-vector-happy-s-491192/preview.html>

- 34) Na situação ilustrada na figura, o que está ocorrendo?
- 35) Quais são as grandezas físicas envolvidas nessa situação?
- 36) Qual o tipo de movimento que ocorre nessa condição?

4º Passo: Diferenciação progressiva (3h/aula).

Apresentação dos principais conceitos físicos para fins de revisão e posterior aprofundamento dos conceitos envolvidos no movimento do escorregador. Assim, a discussão pode ser iniciada a partir das seguintes questões:

- 37) A massa de uma pessoa influencia na rapidez com a qual ela desce por um escorregador?

Os conteúdos encontram-se no apêndice D.

5º Passo: Diferenciação progressiva (1h/aula).

Conteúdos introduzidos inicialmente partindo de ideias mais gerais e inclusivas, progressivamente diferenciados em detalhes e especificidades.

O professor deve começar essa aula retomando a questão 36) A massa de uma pessoa influencia na *rapidez* com a qual ela desce por um escorregador? A partir da retomada desse diálogo, deve ser proposto que os estudantes manipulem o simulador presente em <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>. Nesse primeiro momento, deve ser explorado o “Plano Inclinado”, conforme Figura 21.

Figura 21 - Plano inclinado



Fonte: https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/inclinedplane_pt.htm

A partir deste simulador o professor deve questionar os estudantes se a definição dada por eles para solução da questão 36 está de acordo com a simulação realizada.

6º Passo: Reconciliação Integrativa (1h/aula).

Retoma-se as características essenciais dos conteúdos para apresentar novas situações problema em nível de complexidade maior.

38) Um livro está inicialmente em repouso sobre o tampo horizontal e áspero de uma mesa, sob ação unicamente de seu peso e da força exercida pela mesma. Em seguida, inclina-se a mesa um certo ângulo, de modo tal que o livro permaneça em repouso. Analisando a

componente normal da força que a mesa exerce sobre o livro nesta última situação, conclui que seu valor:

- a) é nulo.
- b) é o mesmo que a situação inicial.
- c) é maior que a situação inicial.
- d) é menor que a situação inicial.

39) Um corpo com 2 kg de massa é abandonado sobre um plano perfeitamente liso e inclinado 37° com a horizontal. Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\text{sen } 37^\circ = 0,60$ e $\text{cos } 37^\circ = 0,80$, a aceleração com que o corpo desce o plano tem módulo, em m/s^2 , de:

- a) 4
- b) 5
- c) 6
- d) 8
- e) 10

7º Passo: Avaliação somativa individual (2h/aula).

Apresenta-se um pós-teste para que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa (Apêndice F).

8º Passo- Efetividade da UEPS (1h/aula).

Para essa análise devem ser consideradas as avaliações desenvolvidas pelo professor como: exercícios propostos, participação/interação dos alunos, análise do pré-teste e pós-teste.

8 CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS

O **1º Passo** da UEPS está relacionado à etapa preliminar: Identificação dos conceitos físicos a serem trabalhados. A partir da escolha do tema estruturante da UEPS, será definido os conteúdos físicos necessários a fim de atingir o objetivo proposto na sequência didática. Os conteúdos que integram a UEPS foram definidos *a priori*, sendo eles: Cinemática, Dinâmica, Princípios da conservação.

O **2º Passo** está relacionado à investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes com relação ao tema proposto, sendo esta uma etapa fundamental para o andamento das demais fases da UEPS. Os recursos propostos a serem utilizados dão a condição ao professor para que o mesmo consiga, ao analisá-los, verificar as concepções que os alunos possuem sobre o tema. Utilizaremos um pré-teste para tal.

O **3º Passo** abrange uma discussão inicial. Serão formuladas questões provocadoras a fim de “abrir” margens para um diálogo acerca do conteúdo proposto. Dando sequência, será proposto uma atividade experimental demonstrativa, que tem por objetivo a compreensão dos alunos com relação aos princípios físicos envolvidos nos brinquedos da pracinha.

O **4º Passo** pode ser implementado a partir das questões norteadoras. A partir das discussões iniciais, o professor irá propor a atividade experimental aos estudantes (em construção). Após esse processo, o professor deve resgatar as discussões iniciais sobre o conceito físico estudado (questões norteadoras) propondo uma aula expositiva e dialogada. Segundo Hartmamann, Maronn e Santos (2009, p. 1),

A aula expositiva dialogada é uma estratégia que caracteriza-se pela exposição de conteúdos com a participação ativa dos estudantes, considerando o conhecimento prévio dos mesmos, sendo o professor o mediador para que os alunos questionem, interpretem e discutam o objeto de estudo. (Hartmamann, Maronn e Santos, 2009, p.1).

O **5º Passo** da possível UEPS, por ainda estar relacionado à etapa de diferenciação progressiva, deve partir de situações mais gerais e migrar para as especificidades dos problemas propostos.

O **6º Passo** visa contemplar a reconciliação integrativa, ou seja, o aluno deve criar relações conceituais como forma de integrar os significados emergentes nas etapas anteriores. Através de uma atividade sugerida em um nível crescente de complexidade dos conteúdos já trabalhados nas etapas anteriores, esperamos que os estudantes consigam resolver os problemas propostos.

O **7º Passo** é designado para a avaliação somativa individual. Nesse tópico apresentam-se situações problema relacionadas aos conteúdos físicos abordados nas UEPS, a fim de que o aluno manifeste indícios de aprendizagem significativa.

Para concluir, no **8º Passo** o professor deverá considerar todos os instrumentos avaliativos sugeridos no decorrer da possível UEPS (questões de registro, observações de aula...), bem como também a análise do pré-teste e pós-teste. A partir desses instrumentos espera-se que sejam verificados indícios de aprendizagem significativa nos estudantes.

Nossa proposta aqui apresenta as seguintes características: I) A importância em buscar por concepções adquiridas em física dos alunos do 1º ano do ensino médio; II) O planejamento de atividades práticas experimentais pelo professor para construção dos conceitos fundamentais e das Leis da Física; III) A importância da orientação do professor nas conclusões dos alunos ao desenvolver as atividades práticas relacionadas com os conceitos físicos de força, movimento, trabalho e potência, peso, massa, equilíbrio. A atividade prática também pode ser caracterizada como um objeto de ação, a ser manipulado didaticamente pelo professor. Essa manipulação irá se inserir no discurso construtivista, facilitando a proposição de fenômenos físicos. Sua mediação deve ocorrer no espaço entre a experiência do cotidiano do aluno e a experimentação do cientista, permitindo mostrar que a visão de mundo construída ao longo da vida pode ser colocada frente à concepção científica estabelecida (PIETROCOLA, 1999).

REFERÊNCIA

ALDRICH, Clark. **Learning online with games, simulation and virtual worlds**, San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2009

ALMEIDA, J. F.; HAMBURGER, E. W. Curso sobre condução elétrica em sólidos para o ensino médio. **Revista Brasileira de ensino de Física**, São Paulo, v. 1, p. 191-204, jan, 1971.

Disponível em: < <http://sbfisica.org.br/bjp/download/v01/v01a14> >. Acesso em: 04 de dezembro de 2020.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 302 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000. Disponível em: < <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/79015> >. Acesso em: 04 de dezembro de 2020.

AMARAL, Ivan Amorozino do. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. **Ciência & Ensino**. Campinas, 1997.

ANDAROLO, G.; DONZELI, V. & SPERANDEO - MINEO, R. Modeling in physics education: the role of computer simulation. **International Journal of Science Education**, p. 243-254, 25 fev. 2007. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069910130303> >. Acesso em: 26 de dezembro de 2020.

ARAÚJO, Ana Maria Teixeira; MENEZES, Crediné Silva de; CURY, Davydson. Um ambiente integrado para apoiar a avaliação da aprendizagem baseado em mapas conceituais. In: XIII SIMPÓSIO BRAILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. 2002, Vitória/ES. **Anais do XIII simpósio brasileiro de informática na educação**. Vitória/ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2002. p. 49-59.

AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning**. New York and London: Grune and Stratton. 255 p., 1963.

AUSUBEL, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

ÁVILA, B.; AMARAL, É.; TAROUÇO, L.. Implementação de Laboratórios Virtuais no metaverso OpenSim. **Revista Renote, Novas Tecnologias na Educação**. Vol. 11, n. 1. XXI Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre, RS, 2013. Disponível em: < <http://goo.gl/AOik1D> >. Acesso em 11 de abril de 2020.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Teleoperators and virtual environments**. v. 6, p. 355-385, 1997.

BACKES, L. As manifestações da autoria na formação do educador em espaços digitais virtuais. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**. vol. 17, nº. 2, jul./dez. 2012

BACON, R. A. The use of computers in the teaching of Physics. **Computers & Education, Great Britain**, v.19, n.1, p.57-66, 1992.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Persona Edições, 1979.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARRA, V. M. & LORENZ, K. M. **Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil**, período: 1950 a 1980. Ciência e Cultura. São Paulo. Dez. 1986.

BERGVALL, P. & JOEL, N. **Pilot Project on the teaching of physics**. UNESCO-IBECC, São Paulo, 1964.

BITTENCOURT, D. R. S. **Uma análise do Projeto de Ensino de Física - Mecânica**. 1977, 145 p. Dissertação de mestrado (Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

BOOK, Betsy (2004) Moving Beyond the Game: Social Virtual Worlds. Disponível em: <https://deby.net/FILES/3d/ARTICLES/moving%20beyond%20the%20game%20-%20social%20virtual%20worlds.pdf>

BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder executivo, Brasília, DF, v.134, n.248, p.27833-41, 23 de dezembro de 1996. Seção 1, Lei Darcy Ribeiro.

BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf> Acesso em: 06 de dezembro de 2020.

BRASIL. **Cartilha Projeto UCA: Projeto UCA**. Brasília: MEC, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Parecer n. 15, de 1 de junho de 1998**. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, DF, 1998b.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998a.

BRASIL. **Informática Educativa: plano de ação integrada.** Secretaria Nacional de Educação Tecnológica. Brasília: MEC, 1991.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Documento homologado pela Portaria nº 1.570, publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, Pág. 146. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2017-pdf/78631-pcp015-17-pdf/file>.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais/** Secretaria da Educação Fundamental - Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRUNER, J. S. **O processo da educação.** São Paulo. Cia Ed. Nacional. 1968.

BUCHINGER, D.; CAVALCANTI, G.; HOUNSELL, M. Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 108-120, 18 abr. 2014.

CANIATO, R. **Ideário e Prática de uma proposta Brasileira para o ensino de Física.** Atas do IV SNEF, Niterói/RJ, 1985.

CANIATO, R.; GOLDENBERG, J.; TEIXEIRA, A S.; RIBEIRO, V. L. **Projeto Brasileiro para o ensino de Física.** Atas do II SNEF. Belo Horizonte – MG, Jan. 1973.

CARVALHO, A M. P. **O ensino da Física na Grande São Paulo - Estudo sobre um processo de transformação.** Tese de Doutorado. FEUSP. São Paulo, 1972.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede.** São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CLARK, R. C; MAYER, R. E. **E-Learning And The Sciense of Instruction: Proven Guidelines For Consumer And Designers of Multimedia Learning**, San Fransisco, CA, USA, Editora Pfeiffer, 2008.

CRISP, G. **Meaningful assessment within virtual worlds – what should it look like?.** In Experiential Learning in Virtual Worlds: 2nd Global Conference, Prague (Czech Republic), 2012. Disponível em <<http://goo.gl/TBIu94>> Acesso em 10 de maio de 2020.

DE SOUZA, G. F.; PINHEIRO, N. A. M. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS): identificando tendências e possibilidades de pesquisa. **Revista Dynamis.** FURB, Blumenau, v.25, n.1, p.113-128, 2019.

DERNARDIN, L., MANZANO, R. C., Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, V. 15 Nº 2, dez., 2017.

DI SALVO, A. L. A. **LEO3D: ambiente digital multididático para o ensino de óptica geométrica**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro- SP, 2018.

FERREIRA, M.; LOGUERCIO, R. Q. Análise de Competências em Projetos Pedagógicos de Licenciatura em Física a Distância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.16, n. 2, p. 389-419, 2016.

FERREYRA, R.E. **El proyecto piloto unesco para enseñanza de la física en america latina**. CLAF, Rio de Janeiro, 1979.

FIOLHAIS, C. & TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.3, p.259-272, set. 2003.

FOSSÁ, M. I. T. **Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias**. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2003.

FRANÇA, C. R., **O potencial da realidade virtual e aumentada na concepção de objeto de visualização para aprendizagem de física**. 2019. 240 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2019.

FRANÇA, C. R., SILVA, T. A realidade virtual e aumentada dedicada ao processo ensino-aprendizagem de física: socialização da concepção e validação do aplicativo RVA_360 – Momento Angular. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 142-169, jan./abr. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.36, n.3, p.3504-1 - 3504-15, 2014.

GADDIS, B. **Learning in a Virtual Lab: Distance Education and Computer Simulations**. Doctoral Dissertation. University of Colorado, 2000.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski** – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GETEF. **Física auto-instrutivo. FAI - Manual do professor**. São Paulo: Saraiva, 1973.

GODOI, K. A.; PADOVANI, S. Avaliação de objetos de aprendizagem: um estudo sobre abordagens e critérios de avaliação. **3º CONAHPA, Congresso Nacional de Ambientes Hiperídia para Aprendizagem**. São Paulo: SP, 2008. Disponível em <<http://goo.gl/ZkzGOj>> Acesso em 03 de Janeiro de 2021.

GREIS, L. K. **Mundos virtuais na educação: a interatividade em simulações de fenômenos físicos**. 2012. 94 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS, 2012.

GREIS, L. K., REATEGUI E. Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, V. 8 Nº 2, julho, 2010.

HAMBURGER, E. et al. Um cronômetro Barato. **Revista Brasileira de Física**. v. I, no. 1, Abril, 1971, (187-189).

HAVOK. Com, Inc. **Havok Physics Animation v. 6.0.0 PC XS User Guide**. Dublin: Havok. Com, Inc., 2008.

HERPICH, F., **Recursos educacionais em realidade aumentada para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial em física**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2019.

HOLTON, G. **A imaginação Científica**. Rio de Janeiro. Zahar Editores S.A., 1979. Disponível em: <<http://dmi.uib.es/people/joe/opinion/ParShfDgr.html>>. Acessado em: 20 dez 2020.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

KITCHENHAM, B., et al. (2010). **Systematic literature reviews in software engineering - A tertiary study**. Information and Software Technology, v. 52, n. 8, p. 792–805, 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>>

KLASTRUP, L. **A Poetics of Virtual Worlds**. MelbourneDAC2003. Melbourne, 2003. Disponível em: <<http://hypertext.rmit.edu.au/dac/papers/>>. Acessado em: 20 dez 2020.

LEMOS, A. **Cibercultura: Tecnologia e Vida Social na Cultura Contemporânea**. Porto Alegre: Sulina, 2002.

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Tradução Manuel Dias Duarte. 3 ed. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

LÉVY, P.. **O Que é Virtual**. São Paulo: Editora 34, 1996.

LOMBARD, M. & DITTON, T. At the heart of it all: The concept of presence. **Journal of Computer Mediated-Communication**, 1997. Disponível em: <<http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue2/lombard.html>>. Acessado em: 20 dez 2020.

MACIEL, R. R. **A astronomia nas aulas de Física: Uma proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

MATOS, A. **O ensino da física através de analogias com variantes do jogo de xadrez: potencializado com realidade aumentada**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física), Araranguá – Santa Catarina, 2017.

MATTAR NETO, J. A.. **O uso do Second Life como ambiente virtual de aprendizagem**. GT2, Jogos eletrônicos e Educação. Seminário. 2008. Disponível em <<http://goo.gl/J8GBXm>> Acesso em 24 de março de 2020.

MATURANA, H. **Transformación en la Convivencia**. Santiago: Dolmen Ediciones, 1999.

MCDERMOTT, L. C. **Research and computer-based instruction: opportunity for interaction**. American Journal of Physics, Woodbury, v.58, n.5, p.452-462, May 1990.

MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. F. D. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p.77-86, 2002.

MELENDEZ, T. T., Lançamento horizontal com realidade virtual: jogo educativo para smartphones desenvolvidos por estudantes da educação profissional. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Vol. 9, n.3. set./dez. 2019.

MINSKY, M. **Telepresence**. Omni, pp. 45-51, 1980.

MIRO-JULIA, J. **Dangers of the Paradigm Shift**. Departament de Matematiques i Informatica. Universitat de les Illes Balears. 2001. DOI:

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

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e Aprender a aprender criticamente. **REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1 p.2-17, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>

MOREIRA, M. A. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor, 2000.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais & diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física,

Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012. Aceito para publicação, *Currículum, La Laguna, Espanha*, 2012.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, 2008.

MOREIRA, M. M. P. C. *et al.* Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p721>

MOREIRA, M.A. 2009. **Comportamentalismo, construtivismo e humanismo**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/subsidios5.pdf>>. Acesso em 05 jul. 2021.

MUELLER, J.; HUTTER, K.; FUELLER, J.; MATZLE, K.. **Virtual worlds as knowledge management platform – a practice-perspective**. *Info Systems J* nº 21, 2011. Disponível em <<http://goo.gl/dJnDZd>> Acesso em 02 de janeiro de 2020.

NASCIMENTO, J. K. F. **Informática aplicada à educação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

NELSON, B. C.; HERLANDSON, B. E. **Design for Learning in Virtual Worlds**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Date. By Swales & Willis Ltd., 2012.

NICOLETE, P. C., JÚNIOR, E. T. O., CRISTIANO, M. A., TAROUCO, L. M. R., VILA, E., SILVA, J. B. Estudo exploratório sobre realidade aumentada e laboratório remoto no ensino de física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, V. 17 Nº 3, dezembro, 2019.

NOVAK, J. D. & GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

CANIATO, R - **Mecânica**. Vol. 2, Campinas: Ática, 1990.

CANIATO, R. **O céu**. São Paulo: Ática, 1990.

PEF, Guia do Professor, FENAME, Rio de Janeiro, 1980.

PEF, Mecânica 1, FENAME, Rio de Janeiro, 1974.

PEF, Mecânica 2, FENAME, Rio de Janeiro, 1974.

PERRONE, B. M. S. **A formação de conceitos científicos em física: uma proposta de ensino delineada pela teoria das ações mentais utilizando realidade aumentada**. 2018, 113 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

PIAGET, J. **Fazer e Compreender**, São Paulo: EDUSP/Melhoramentos, 1978.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação**. Rio de Janeiro: Jose Olympio. 1976.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Experimental Psychology: Its Scope and Method**. London: Routledge and Kegan Paul, 1959.

PIETROCOLA, M. **Construção e realidade**: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino através dos modelos. In: *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3. Porto Alegre, 1999.

POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing, 1969.

PROJECTO de física (Projeto HARVARD). **Unidade I**: Guia do Professor. Trad. Maria Odete Valente (Coord). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkan, 1978.

PROJECTO de física (Projeto HARVARD). **Unidade II**: Guia do professor. Trad. Maria Odete Valente (Coord). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkan, 1973.

PROJECTO de física (Projeto HARVARD). **Unidade III**: Guia do professor. Trad. Maria Odete Valente (Coord). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkan, 1978.

PSSC, Física - Parte I. 6º ed. São Paulo: EDART, 1970.

PSSC, Física - Parte II, São Paulo: EDART, 1970.

PSSC, Guia do Professor IV. vol. I, São Paulo: EDART, 1970.

RAMOS, M.; COPPOLA, N. C. **O uso do computador e da internet como ferramentas pedagógicas**. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2551-8.pdf>>. Acesso em: 24 de abril de 2020.

RIBEIRO, A. A. S., SIQUEIRA, A. B. O., MACEDO, S. H., Realidade Aumentada Aplicada ao Ensino e Aprendizagem do Campo Magnético de um Ímã em Forma de Ferradura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, V. 11 Nº 3, dez., 2013.

ROSA, P. R. S. O uso de computadores no ensino de Física. Parte I: potencialidades e uso real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.17, n.2, p.182-195, Jun. 1995.

SAAD, F. D. **Análise do Projeto FAI - Uma proposta de um curso de Física Auto-Instrutivo para o 2º Grau**. Dissertação de mestrado. IFUSP-EDUSP, São Paulo, 1977.

SAIB, E. N. **Simulações computacionais 3D como ferramenta de apoio ao ensino de física**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2018.

SANTAROSA, M. C. **Investigação da aprendizagem em física básica universitária a partir de um ensino que integra situações e conceitos das disciplinas de cálculo I e de física I**. 2013. 382p. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

SANTOS, R. P. Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life. **Revista Novas Tecnologias na Educação** V. 6 N° 2, Dezembro, 2008.

SCHLEMMER, E. AWSINOS: Construção de um Mundo Virtual. In: **VIII Congresso Íbero-Americano de Gráfica Digital**: Sigradi, São Leopoldo, 2004.

SCHLEMMER, E. ECODI - A criação de espaços de convivência digital virtual no contexto dos processos de ensino e aprendizagem em metaverso. **Revista IHU** – São Leopoldo, 2008.

SCHLEMMER, E. Trein, D. Criação de Identidades Digitais Virtuais para Interação em Mundos Digitais Virtuais em 3D. **Congresso Internacional de EaD** – ABED, 2008.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de Conteúdo: Exemplo de aplicação da técnica para a análise de dados qualitativos. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280, v.17. nº.1, 2015.

SILVA, L. F. et al. **Tecnologias para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. Recife - Pe, 08 ago. 2007. Disponível em: <<http://bit.ly/2JDrUkP>>. Acesso em: 08 de abr. 2021.

SOUZA, M. C. J. **O uso da realidade aumentada no ensino de física**. 2015. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

TÉBAR, L. **O perfil do professor mediador: pedagogia da mediação**. Tradução Priscila Pereira Mota. São Paulo: Senac São Paulo, 2011.

TORI, R. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. São Paulo: Editora Senac, 2010.

TORI, ROMERO; KIRNER, CLÁUDIO; SISCOOTTO, ROBSON. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. **VIII Symposium on Virtual Reality**. Belém, 2006. disponível em: <<http://www.gamecultura.com.br/downloads/livros/livrosvr2006-final.pdf>> . Acessado em 20 de dezembro de 2020.

VANDERLINDE, R.; VAN BRAAK, J. A new ICT curriculum for primary education in Flanders: defining and predicting teachers' perceptions of innovation attributes. **Educational Technology & Society**, Kaohsiung, v. 14, n. 2, p. 124-135, 2011.

VEIGAS, M. A. C., VIEIRA, M. B., SILVA, R. L. S., Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, 2012.

VEIT, E. A. & TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.2, p.87-96, jun. 2002.

VERBIC, S. **Different Conceptions of the Same Physical Phenomenon for Real and Numerical Experiment.** Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference: New Ways of Teaching Physics. Ljub jana, Slovenia, 1996.

VYGOTSKY, L. S. **The instrumental method in psychology.** In: WERTSCH, James (org.) The concept of activity in soviet psychology. New York: M. E. Sharpe, 1981.

VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** 2a ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1999.

WAGNER, R.; PIOVESAN, S. D.; PASSERINO, L. M.; LIMA J. V. Desenvolvendo ambientes de realidade virtual utilizando OpenSim. LACLO 2013, **Octava Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje.** Vol 4, nº 1. Disponível em <<http://goo.gl/JGJKAW>> Acesso em 24 de junho de 2020.

ZANETIC, J. **Física também é cultura.** Tese de doutoramento. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - FEUSP. São Paulo, SP. 1989.

ZYLBERSZTAJN, A **Formas de representação, estrutura e aprendizagem através da descoberta. - Uma introdução ao pensamento de J. S. Bruner aplicada ao ensino de Física.** Natal. Monografia (mimeo) 1977.

APÊNDICE A - CONTEÚDOS DA PRIMEIRA UEPS

Conceito de massa

Massa é uma grandeza que atribuímos a cada corpo, obtida através da comparação do corpo com um padrão. O corpo padrão pode ser o quilograma-padrão que é um pequeno cilindro de platina (90%) e irídio (10%), mantido no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, próximo de Paris. Por definição sua massa é **1 quilo-grama** (símbolo: **kg**). O **grama** (símbolo: **g**) e a **tonelada** (símbolo: **T**), são, respectivamente, um submúltiplo e um múltiplo do quilograma.

Em dinâmica, além da noção de massa, há também a noção de **força**. A primeira noção de força está associada aos esforços muscular, por exemplo quando empurramos um objeto exercemos força sobre ele. Dentre as forças produzidas de outra maneira podemos citar como exemplos a força de ação do vento, a força de atração entre cargas elétricas, etc.

Força

Em nosso dia a dia utilizamos força constantemente, seja para empurrar, para puxar ou para levantar objetos. As forças também podem, por exemplo, provocar deformações quando agem sobre os objetos. Mas, quaisquer que sejam os seus efeitos, podemos entender **força** como o **resultado da interação entre dois corpos**.

Os efeitos de uma força sobre um corpo podem ser classificados de três modos. Assim, uma força pode:

- Alterar o estado de movimento ou de repouso de um corpo (efeito dinâmico);
- Deformar o corpo;
- Anular a ação de uma outra força.

Na natureza, é comum um corpo estar sujeito a ação de várias forças simultaneamente, mas podemos, por motivos práticos, substituir estas forças por uma única, chamada **força resultante**.

Força Resultante = É capaz de produzir o mesmo efeito dinâmico de todas as forças que agem simultaneamente sobre o corpo.

Obs: Forças são grandezas vetoriais, uma vez que possuem módulo, direção e sentido. Por isso que a determinação da força resultante é feita através das regras de adição vetorial.

Quando n forças agem simultaneamente sobre um corpo, a força resultante é dada por:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

No S.I., a unidade de força é **newton (N)**. Mas, na prática, também se utiliza unidades de forças que não fazem parte do S.I., tais como **quilograma-força (kgf)** e **Dina (dyn)**. Vejamos as relações:

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \cdot 10^5 \text{ dyn}$$

Primeira Lei de Newton (lei da inércia)

Galileu, com seus experimentos em planos inclinados, estabeleceu as bases para aquela que viria a ser a primeira lei de Newton para os movimentos. Para entender os resultados desses trabalhos, vamos considerar uma situação prática.

Se acelerarmos um automóvel numa pista horizontal até ele atingir a velocidade de 80 km/h e, logo em seguida, desligar o motor, observaremos que o carro não pára imediatamente: ele percorrerá uma certa distância antes de parar.

Isso ocorre porquê, uma vez colocados em movimento, os corpos tendem a continuar seu movimento. Mas seria possível aumentar a distância percorrida pelo carro indefinidamente? Para entender essa pergunta, devemos entender o que faz o carro parar.

À medida que lubrificamos os rolamentos das rodas e reduzimos a ação da resistência do ar sobre o veículo, diminuimos a ação de forças contrárias ao movimento, aumentando a distância percorrida antes de o carro parar. Essas forças que diminuem a velocidade do carro são chamadas de **forças de atrito**.

Devido à existência dessas forças de atrito, torna-se necessária a aplicação da força produzida pela queima do combustível, para que possamos manter o carro em velocidade constante na pista horizontal.

E se conseguíssemos eliminar completamente os efeitos do atrito? Na prática, não é possível eliminar totalmente o atrito. Porém, reduzindo cada vez mais as forças de atrito, conseqüentemente será menor a força necessária para manter a velocidade constante. Se imaginarmos uma situação ideal, na qual possamos desprezar os atritos, não haverá a necessidade de uma força para que a velocidade do carro se mantenha constante. Ou seja, sem

atrito a velocidade do carro se mantém, por **inércia**, inalterada: **um corpo em movimento tende, por inércia, a manter-se em movimento.**

O mesmo podemos dizer a respeito do estado de repouso. Um corpo em repouso não se põe em movimento por si só. Para que um corpo em repouso se movimente é necessário que haja sobre ele a ação de uma força: **um corpo em repouso tende, por inércia, a se manter em repouso.**

Por definição, **Inércia** é a propriedade que a matéria tem de manter o seu estado de movimento ou seu estado de repouso.

Finalmente, podemos estabelecer as relações entre a força e a velocidade. **As forças são necessárias para alterar o estado de repouso ou de movimento de um corpo.** Necessitamos de uma força resultante não nula:

- Para colocar em movimento um corpo inicialmente em repouso;
- Ou para alterar o movimento de um corpo, mudando assim a sua velocidade, em módulo, em direção ou em sentido.

Podemos concluir que as **forças devem ser relacionadas com as variações de velocidade, e não com a velocidade propriamente dita.**

Quando um corpo se encontra em repouso ou em movimento com velocidade vetorial constante (módulo, direção e sentido), a resultante das forças que atuam sobre ele é nula. Se assim não fosse, haveria uma força resultante que provocaria uma variação na velocidade do corpo.

Podemos, então, enunciar a primeira lei de Newton, também conhecida como lei da inércia: **Sob condições de força resultante nula, um corpo tende a permanecer ou em repouso ou em movimento com velocidade vetorial constante.**

Uma conclusão importante que tiramos da lei da inércia é que um corpo, quando se movimenta em linha reta e em velocidade constante, mantém-se nesse movimento indefinidamente, a menos que uma força altere essa situação. Portanto a força resultante é nula para um corpo que se movimenta em MRU. O mesmo ocorre em um corpo em repouso. Ele permanecerá em repouso indefinidamente, a menos que uma força altere essa situação. Temos:

$$\vec{v} = \vec{0}, \text{ equilíbrio estático.}$$

$$\vec{F}_R = 0 \leftrightarrow \vec{v} \approx \vec{0} \text{ (constante), equilíbrio dinâmico (MRU)}$$

Segunda Lei de Newton

A segunda lei de Newton para o movimento relaciona a força e a variação da velocidade. Vamos estudar essa relação a partir de um exemplo:

Consideramos dois carros que, inicialmente, estão em repouso numa pista horizontal e, depois, são colocados em movimento. A experiência mostra que:

- Se os dois possuem massas iguais e se são acelerados durante o mesmo tempo, adquire maior velocidade o carro sobre o qual tiver sido aplicada a maior força, ou seja: **força e variação de velocidade são diretamente proporcionais;**
- Se os carros possuem massas diferentes, para fazê-lo adquirir a mesma velocidade, no mesmo intervalo de tempo, é preciso que o carro de maior massa sofra a ação de uma maior força, ou seja: **força e massa são diretamente proporcionais;**
- Se os carros possuem a mesma massa e desejamos que adquiram a mesma velocidade, verificamos que, aquele que sofrer a ação da maior força conseguirá atingir a velocidade desejada no menor intervalo de tempo, ou seja, **força e intervalo de tempo são inversamente proporcionais.**

A segunda Lei de Newton descreve, em uma única equação, essas conclusões que relacionam força (\vec{F}), massa (m), variação de velocidade ($\Delta\vec{v}$) e intervalo de tempo (Δt).

$$\vec{F} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Como:

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Temos que:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Devemos ressaltar que na, segunda lei de Newton, \vec{F} deve ser a força resultante. Assim temos:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

As grandezas vetoriais \vec{F}_R e \vec{a} possuem a mesma direção e sentido.

No S.I., utilizamos as seguintes unidades: **quilograma (kg)** para massa; **metro por segundo, por segundo (m/s^2)** para a aceleração; e **newton (N)** para a força.

Terceira lei de Newton (princípio da ação e reação)

Para se entender a terceira lei de Newton (ação e reação), é fundamental a noção de que, na Natureza, as forças aparecem aos pares, sendo fruto da interação entre dois corpos. Se chutarmos uma pedra (ação), sentiremos no pé os efeitos (reação) desse ato; se empurrarmos uma parede, seremos empurrados, em sentido contrário, pela parede: **não existe uma ação sem uma correspondente reação.**

Assim enunciamos a terceira lei de Newton: Se o corpo A exerce uma força sobre um corpo B , o corpo B reage em A com uma força de mesma intensidade, mesma direção, mas de sentido contrário.

Em relação às forças de ação e reação, devemos lembrar que:

- **Não existe força de ação sem a correspondente força de reação**, ou seja, é impossível um corpo agir sobre o outro e não sofrer a conseqüente reação;
- **Forças de ação e reação são simultâneas**, ou seja, não existe a possibilidade de ocorrer uma ação e depois a reação; elas ocorrem no mesmo instante;
- **Elas podem apresentar efeitos diferentes**, ou seja, quando uma bola bate numa vidraça, embora o vidro e a bola sejam submetidos a forças de mesma intensidade, o vidro se quebra, mas a bola não;
- **É indiferente saber qual das forças é a ação e qual é a reação;**
- **Elas não se anulam**, pois são aplicadas a corpos diferentes;
- **As forças de ação e reação são de mesma natureza**, possuindo sempre a mesma **intensidade**, a mesma **direção**, mas sentidos **contrários**.

Com relação às três leis de Newton, é importante lembrarmos que elas somente são válidas para **referenciais inerciais**. Referencial inercial é um referencial em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme em relação ao **referencial de Copérnico** (referencial fixo no centro do sol).

Aplicações das leis de Newton

Interação à distância.

Dois corpos podem interagir, ou seja, trocar forças sem que entre eles haja contato.

Um corpo sofre influência de outro através de um agente transmissor dessas forças, que chamamos de **campo**. Por essa razão, as interações à distância são chamadas de **forças de campo**. Analisaremos a seguir a interação de campo gravitacional. Outras interações de campo são a interação magnética e a interação elétrica.

Força Peso

A força com a qual os astros em geral atraem os corpos é chamada de **peso** (a rigor, força peso). Quanto maior a massa de um corpo, mais fortemente ele é atraído por outro corpo. As direções das forças gravitacionais que atuam nesses corpos são radiais: as retas suporte das forças passam pelo centro do astro. Pelo princípio da ação e reação, o astro também é atraído, e as reações às forças que ele aplica agem no seu centro.

Em região próxima à superfície do astro, os corpos são atraídos verticalmente e para baixo, ou seja, para o centro do astro. A intensidade da força peso (\vec{P}) pode ser calculada pelo produto da massa (m) do corpo pelo campo gravitacional (\vec{g}):

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

Como vimos no estudo da queda livre, nas proximidades da Terra ($h \ll 10 \text{ km}$), o vetor campo gravitacional é praticamente constante. Como $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$, a unidade para campo gravitacional no S.I. é **newton por quilograma (N/kg)**, que equivale a **metro por segundo, por segundo (m/s^2)**. Embora ocorram algumas pequenas variações de um local para outro da superfície terrestre, o módulo do campo gravitacional da Terra tem um valor internacionalmente aceito de 9,80665 N/kg que, na maioria dos problemas, é arredondado para 9,8 N/kg ou, comumente, para 10 N/kg.

Na linguagem cotidiana, usa-se a todo momento o termo “peso” para designar a massa de um corpo. É muito comum ouvirmos alguém dizer “eu peso 60 kg”. Porém essa confusão não pode acontecer em Física. Um exemplo simples: na lua um astronauta tem seu peso reduzido a um sexto do que tinha quando estava na superfície da Terra, embora sua massa

permaneça a mesma. Vemos, portanto, que peso e massa são grandezas muito distintas. A tabela seguinte salienta algumas das distinções entre essas duas grandezas:

MASSA	PESO
É uma grandeza escalar	É uma grandeza vetorial
É uma característica do corpo, e não depende da posição em que ele se encontra.	Depende do campo gravitacional
É medida em quilograma (S.I)	É medida em newton (S.I)

Considerando o conceito de campo gravitacional e aplicando a segunda lei de Newton para um **corpo em queda livre**, temos:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

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

Então, temos que:

$$m\vec{a} = m\vec{g} \quad \Rightarrow \quad \vec{g} = \vec{a}$$

Independente de suas massas, os corpos possuem uma mesma aceleração em queda livre (a), que é vetorialmente igual ao vetor campo gravitacional (g), resultado que já utilizamos anteriormente, na análise cinemática da queda livre.

Estática dos corpos rígidos

Começaremos estudando o equilíbrio de um ponto material uma vez que não há sentido em se falar em rotação de um ponto material, o equilíbrio do ponto se estabelece quando a soma vetorial das forças que agem sobre ele é igual a zero, ou seja, a resultante das forças que agem sobre ele é nula.

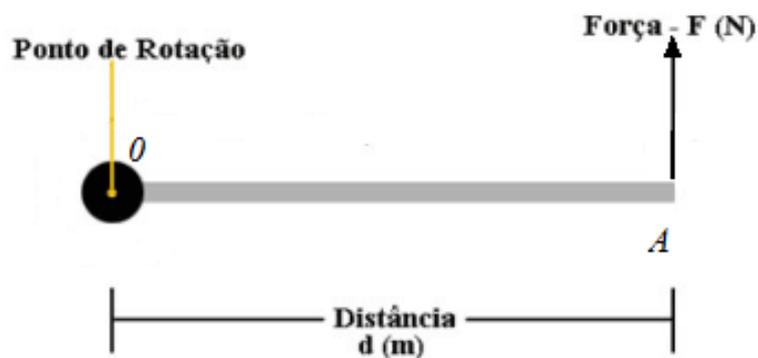
Momento de uma força

Para o equilíbrio de corpos rígidos, que não podem ser considerados pontos materiais, devemos estabelecer as condições de equilíbrio, tanto de translação como de rotação. Para o equilíbrio de translação, seguimos as mesmas regras estabelecidas para um ponto material:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

Mas, para o equilíbrio de rotação, devemos inicialmente introduzir o conceito de **momento (torque)** de uma força. Para isso, consideraremos uma força inicialmente F , aplicada em um ponto A de uma barra que pode girar livremente em torno do ponto O (eixo de rotação) conforme esquematizado na Figura 22.

Figura 22 - Ponto de rotação de uma barra



Fonte: Elaborado pelo autor.

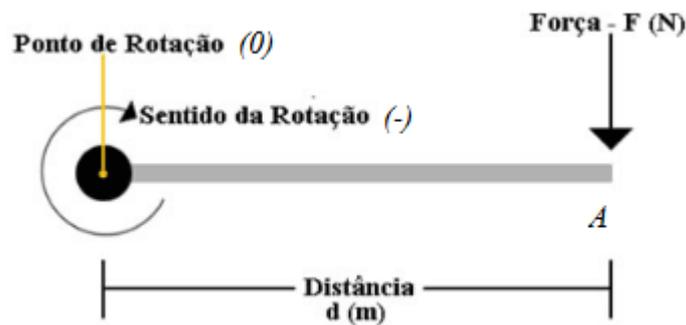
O momento da força \vec{F} em relação ao ponto O , (ou seja, o movimento de rotação que a força \vec{F} produz na barra) é dado por:

$$M = Fd$$

Nessa expressão, F é a intensidade da força e d é a distância da linha de ação da força ao eixo de rotação. A distância d recebe o nome de **braço** da força.

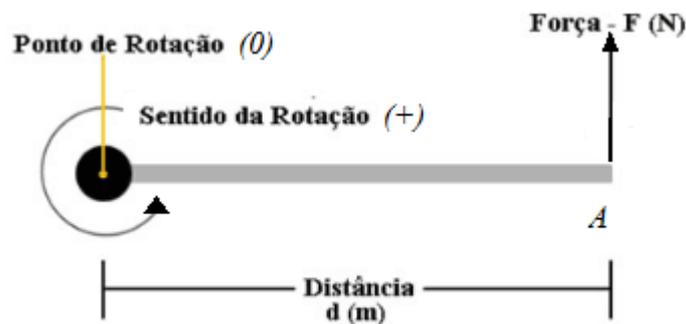
O momento de uma força em relação a um ponto é uma grandeza vetorial (possui módulo, direção e sentido). Mas, como utilizaremos somente forças coplanares, a direção será a mesma para todas as forças e, nesse caso, bastará adotarmos uma convenção de sinais para os sentidos dos momentos conforme as Figuras 23 e 24 abaixo.

Figura 23 - Rotação de uma barra sentido horário



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 - Rotação de uma barra sentido anti-horário



Fonte: Elaborado pelo autor.

O momento resultante de um sistema de forças coplanares, em relação a um ponto, é obtido pela soma algébrica dos momentos de cada força em relação a um ponto.

Equilíbrio de corpos rígidos

Quando um corpo, sujeito à ação simultânea de várias forças coplanares, encontra-se em equilíbrio, temos:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad (\text{Equilíbrio de translação})$$

$$\Sigma M = 0 \quad (\text{Equilíbrio de rotação, em relação a qualquer ponto do corpo})$$

A primeira condição ($\Sigma \vec{F} = 0$) estabelece que o corpo não sofrerá alteração no seu estado de repouso (equilíbrio estático) ou MRU (equilíbrio dinâmico). A segunda condição ($\Sigma M = 0$) estabelece que o corpo não sofrerá alteração no seu estado de repouso ou de rotação uniforme.

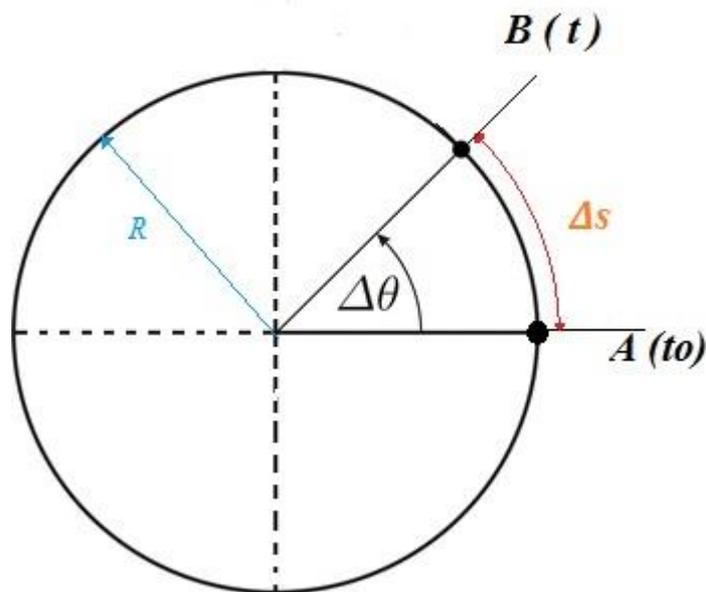
APÊNDICE B - CONTEÚDOS DA SEGUNDA UEPS

Movimento Circular

Deslocamento Escalar e Deslocamento Angular:

Considerando uma partícula movimentando-se em uma trajetória que é uma circunferência de raio R , o deslocamento realizado pela partícula, correspondente a um intervalo de tempo Δt , pode ser medido de dois modos: através da grandeza escalar Δs , medida ao longo da trajetória, ou através de uma grandeza angular $\Delta\theta$, medida pelo ângulo descrito pela partícula em relação ao centro da circunferência, conforme Figura 25.

Figura 25 - Circunferência



Fonte: Elaborado pelo autor.

Deslocamento escalar (**m**): Δs

Deslocamento Angular (**rad**): $\Delta\theta$

Raio (m): R

Ponto Inicial: A

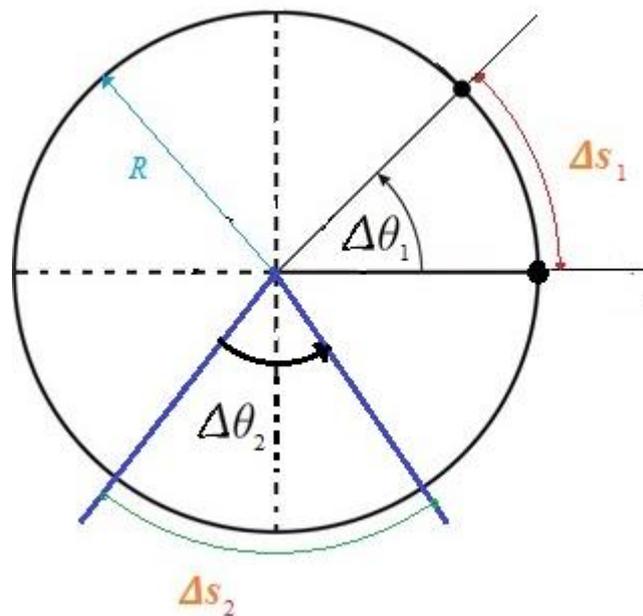
Ponto Final: B

Tempo Inicial: t_0

Tempo Final: t

O ângulo θ é o espaço em forma de arco percorrido por S entre os pontos A e B , dividido pela medida do raio (R). A relação entre os dois tipos de deslocamento, o escalar e o angular, é uma constante de valor igual ao raio da circunferência, conforme ilustrado na Figura 26:

Figura 26 - Deslocamento angular, deslocamento escalar e raio da circunferência



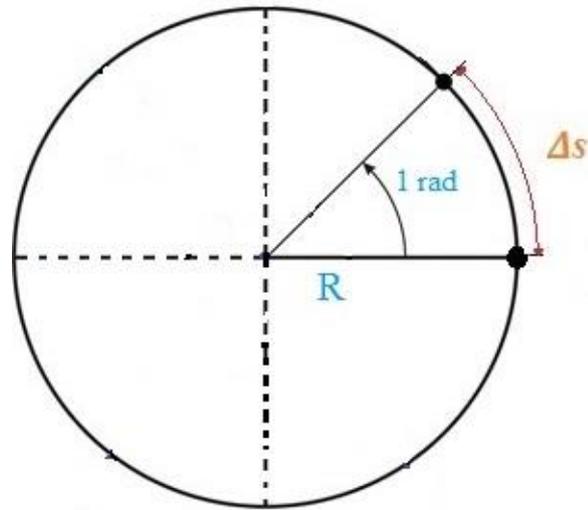
Fonte: Elaborado pelo autor.

$$\Delta s = \Delta \theta \cdot R$$

As grandezas Δs e R devem apresentar, sempre, as mesmas unidades (centímetros, metros ou quilômetros). Assim $\Delta \theta = \frac{\Delta s}{R}$ é um número puro, sem dimensões físicas, denominados **radiano (rad)**.

Um radiano é a medida do ângulo correspondente a um arco de medida Δs igual ao raio R da circunferência, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Definição de um radiano (1 rad)



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$\Delta \theta = \frac{\Delta s}{R}$$

$$\Delta s = R$$

Então:

$$\Delta \theta = 1 \text{ rad}$$

Medindo o arco ΔS para uma volta completa numa circunferência (comprimento da circunferência) e dividindo esse valor pelo correspondente raio (R), obtemos sempre um ângulo de $2\pi \text{ rad} \simeq 6,28$, equivalente a 360° . Dessa relação concluímos que: **se 2π radianos correspondem a 360° , então 1 radiano corresponde a, aproximadamente, $57,3^\circ$.**

Portanto, se um móvel efetua uma volta completa numa circunferência, o seu deslocamento escalar (ΔS) depende do raio (R) da circunferência:

$$\Delta s = 2\pi R$$

O seu deslocamento angular vale sempre $2\pi \text{ rad}$, independente do raio da circunferência. Esse fato justifica a utilização das grandezas angulares na resolução de problemas sobre movimentos circulares.

Velocidade Escalar Média e Velocidade Angular Média

Do mesmo modo que definimos a velocidade escalar média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Podemos definir a velocidade angular média (ω_m) pelo quociente entre o deslocamento angular ($\Delta\theta$) e o correspondente intervalo de tempo (Δt):

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

A velocidade angular média (ω_m) é medida em **radianos por segundo (rad/s)** e se relaciona com a velocidade escalar média (v_m) através do raio (R):

$$v_m = \omega_m \cdot R$$

A mesma relação pode ser estabelecida entre a velocidade escalar instantânea (v) e a velocidade angular instantânea (ω):

$$v = \omega \cdot R$$

Aceleração Média Escalar e Aceleração Média Angular:

Do mesmo modo como definimos a aceleração escalar média:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Podemos definir a aceleração angular média (α_m) pelo quociente entre a variação de velocidade angular ($\Delta\omega$) e o correspondente intervalo de tempo (Δt)

$$\alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

A aceleração angular média é medida em **radianos por segundo, por segundo** (rad/s^2), e se relaciona com a aceleração escalar média através do raio:

$$a_m = \alpha_m \cdot R$$

A mesma relação pode ser estabelecida entre a aceleração escalar instantânea e aceleração angular instantânea:

$$a = \omega \cdot R$$

Frequência e Período

Frequência e período são duas características dos movimentos periódicos, ou seja, dos movimentos que se repetem em intervalos de tempo iguais.

A frequência (f) representa o número de voltas (n) que o móvel efetua por unidade de tempo; é dada pela relação:

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

No S.I. a frequência é medida em **ciclos por segundo (rps)**, que recebe o nome de **Hertz (Hz)**.

O período (T) representa o intervalo de tempo correspondente a n ciclos completos. No S.I. o período é medido em **segundos (s)**.

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

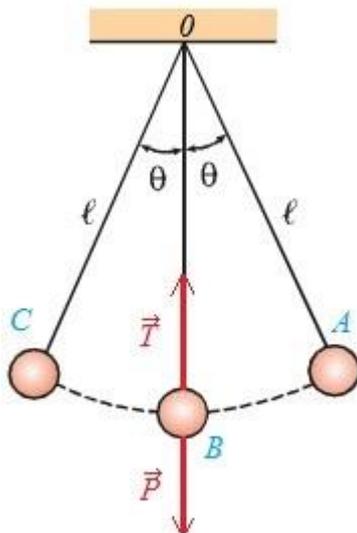
De acordo com a definição de frequência e período, podemos concluir que o produto da frequência pelo período é igual a 1:

$$T \cdot f = \frac{n}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{n} = 1 \Rightarrow f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

Pêndulo Simples

Um pêndulo simples é constituído por uma massa m que oscila num plano vertical, presa a uma extremidade de um fio de comprimento l , conforme a Figura 28.

Figura 28 - Pêndulo simples

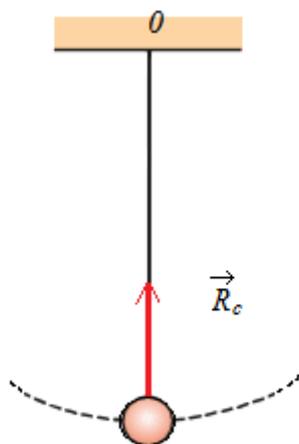


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os pontos A e C representam os extremos da oscilação; e B , a posição de equilíbrio (ponto mais baixo da trajetória). Em qualquer posição, agem duas forças sobre a massa pendular: a **peso** e a **tração**.

Ao ser solta do ponto A , a massa m adquire velocidade crescente até atingir o ponto B , onde a velocidade é máxima; em seguida, perde velocidade, até atingir o ponto C , onde inicia o retorno. Portanto temos uma trajetória curva com centro no ponto O , conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Resultante centrípeta



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Assim, no ponto B a intensidade da resultante centrípeta é dada por:

$$R_c = T - P$$

$$\frac{mv^2}{l} = T - mg \quad \Rightarrow \quad T = m \left(g + \frac{v^2}{l} \right)$$

APÊNDICE C - CONTEÚDOS DA TERCEIRA UEPS

A velocidade de um corpo em movimento bem como a sua direção permanecem constantes de acordo com a primeira lei de Newton (lei da inércia) se nenhuma força atua sobre ele. Para um movimento circular as circunstâncias são diferentes: Para o movimento ser uniforme - com velocidade de valor constante - deve existir uma força, chamada força centrípeta, direcionada para o eixo de rotação. O modelo simplificado de um carrossel apresentado na simulação demonstra o modo como existe essa força.

Movimento Circular e Uniforme (M.C.U.)

O movimento circular e uniforme (M.C.U.) apresenta as seguintes características:

- a trajetória é uma circunferência;
- a velocidade é constante em módulo e variável na direção e no sentido;
- a aceleração tangencial é nula;
- a aceleração centrípeta é constante em módulo e variável na direção e no sentido;
- a frequência e o período são constantes.

Como a velocidade é constante em módulo, a velocidade média angular é igual à velocidade instantânea. Assim, uma partícula em M.C.U. efetua deslocamento iguais em intervalos de tempo iguais. Utilizando as grandezas angulares, temos:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Sendo:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0$$

$$\Delta t = t - t_0$$

Para $t_0 = 0$, temos:

$$\theta = \theta_0 + \omega t \quad (\text{Função horária da posição angular})$$

A velocidade angular (ω) é constante durante todo o intervalo de tempo e pode ser relacionada com a frequência ou com o período do movimento. Temos que:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Se considerarmos uma volta completa, teremos:

$$\Delta\theta = 2\pi \text{ rad} \quad \text{e} \quad \Delta t = T$$

Substituindo esses dados na expressão interior, obtemos:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ou} \quad \omega = 2\pi f$$

Como a velocidade é constante em módulo, mas é variável na direção e no sentido, o M.C.U. não tem aceleração tangencial, mas somente aceleração centrípeta (a_c).

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

Movimento circular uniformemente variado

Ao ligarmos um ventilador, suas pás começam a girar com velocidade escalar que aumenta até o valor máximo. Em seguida, essa velocidade permanece constante. Ao desligarmos o ventilador, a velocidade escalar diminui até zero. Na primeira fase, o movimento é acelerado, na segunda é uniforme, e na terceira fase é retardado. Já analisamos o movimento circular uniformemente variado (acelerado e retardado).

Para os movimentos circulares uniformemente variados, temos as seguintes características:

- a trajetória é uma circunferência;
- a velocidade é variável em módulo, em direção e sentido;
- a aceleração tangencial é constante em módulo, mas é variável em direção e sentido;
- a aceleração centrípeta é variável em módulo, em direção e sentido.

A exemplo do M.C.U., podemos representar o M.C.U.V. pelas funções horárias na forma escalar ou na forma angular. As expressões seguintes representam as equações para o M.C.U.V.:

Forma Escalar	Forma Angular
$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$
$v^2 = v_0^2 + 2a(\Delta S)$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha \cdot \Delta\theta$

As grandezas escalares (s, v e a) se relacionam com as respectivas grandezas angulares (θ, ω e α) através do raio:

$$s = \theta R \qquad v = \omega R \qquad a = \alpha R$$

No M.C.U.V. existem as duas acelerações: a tangencial (a_t) e a centrípeta (a_c). O módulo da aceleração tangencial é constante e igual ao da aceleração escalar (a), sendo dado por:

$$a_t = a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

O módulo da aceleração centrípeta é variável e, portanto, deve ser calculado, para cada instante, através da expressão:

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

APÊNDICE D - CONTEÚDOS DA QUARTA UEPS

Introdução ao Estudo dos Movimentos

A cinemática é a parte da Mecânica que descreve os movimentos, procurando determinar a **posição**, a **velocidade** e **aceleração** de um corpo em cada instante.

Os corpos em estudo, denominamos **móveis**, são considerados como pontos materiais. **Ponto material** é um corpo cujas dimensões não interferem no estudo de determinado fenômeno.

Quando as dimensões de um corpo são relevantes no estudo de determinado fenômeno ele é chamado **corpo extenso**. Um carro que realiza uma manobra para estacionar numa vaga é um corpo extenso. Já o mesmo carro, em uma viagem ao longo de uma estrada pode ser tratado como um ponto material.

Posição numa trajetória

A primeira etapa em Cinemática é a determinação, em cada instante, da posição de um móvel. A posição de um móvel pode ser associada à noção de marco quilométrico numa moderna rodovia. Ao longo de uma rodovia existem marcos quilométricos cuja função é localizar, por exemplo, veículos que nela trafegam. Portanto o marco quilométrico apenas localiza o móvel e não indica quanto este andou.

Para generalizar essas noções vamos chamar de **trajetória** o conjunto das posições sucessivas ocupadas por um móvel no decorrer do tempo. A medida algébrica do arco da trajetória que vai do marco zero à posição do móvel recebe o nome de **espaço**, indicado pela letra **s**. O marco zero é chamado de origem dos espaços. Portanto o **espaço (s)** permite conhecer a posição de um móvel ao longo da trajetória em cada instante de tempo (**t**).

Obs: Deslocamento Δs é a diferença entre o espaço final (s) e o espaço inicial (s_0).

Portanto:

$$\Delta s = s - s_0$$

Referencial

Um corpo está em movimento quando sua posição muda no decurso do tempo.

A noção de movimento e de repouso de um móvel é sempre relativa a outro corpo. Essa noção é imprecisa se não definimos o corpo em relação ao qual se considera o estado de movimento ou de repouso de um móvel. O corpo em relação ao qual identificamos se um móvel está em movimento ou em repouso é chamado **referencial** ou **sistema de referência**.

Portanto, um ponto material está em **movimento** em relação a um determinado **referencial** quando sua posição, nesse referencial, **varia no decurso do tempo**. Um ponto material está em **repouso** em relação a um determinado **referencial** quando sua **posição**, nesse referencial, **não varia no decurso do tempo**.

Assim, a forma da trajetória descrita por um corpo também depende do referencial adotado.

Velocidade Escalar Média

Considere um ponto material P descrevendo uma certa trajetória em relação a um determinado referencial. No instante t_0 seu espaço é s_0 e no instante t seu espaço é s . Em um intervalo de tempo $\Delta t = t - t_0$, a variação do espaço do ponto material é $\Delta s = s - s_0$.

Note, na definição de velocidade escalar média, que Δt é sempre positivo, pois é a diferença entre o tempo final e o tempo inicial. Já a variação do espaço Δs , pode ser positiva, se $s > s_0$; negativa, se $s < s_0$, e eventualmente nula, quando o móvel retorna a sua posição inicial. Sendo assim:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

A unidade de **velocidade escalar média** é expressa em unidades de comprimento por unidades de tempo: **km/h** (quilômetros por hora), **m/s** (metros por segundo), **mi/h** (milhas por hora), **cm/s** (centímetros por segundo).

Quadro 7 - Grandezas, unidades e conversão de unidades

GRANDEZAS E UNIDADES	CONVERSÃO
1km=1000m	$\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{1\text{m}}{3,6\text{s}}$
1h = 60 min. 1 min= 60 s.	$\frac{1\text{m}}{3,6\text{s}} = \frac{\text{km}}{\text{h}}$
1h -s=60.60 = 3600s	$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, para converter **km/h** em **m/s** **divide-se** o valor da velocidade por **3,6**; para converter **m/s** em **km/h**, **multiplica-se** o valor da velocidade por 3,6.

Aceleração Escalar Média

Seja v_0 a velocidade escalar inicial do móvel no instante inicial t_0 e v a velocidade escalar final do móvel no instante final t . Temos a variação da velocidade Δv no intervalo de tempo Δt . A **aceleração escalar média** no intervalo de tempo é definida por:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Obs: A **aceleração escalar média** indica a variação de velocidade escalar média em um intervalo de tempo

Se Δv estiver em m/s e Δt esteja em s, isso nos indica que a a_m será dada em $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. A aceleração escalar pode ser positiva ou negativa, conforme Δv seja positivo ou negativo, já que Δt é positivo.

Queda Livre

O movimento vertical de um corpo próximo ao solo é chamado de **queda livre** quando o corpo é abandonado no vácuo ou se considera desprezível a ação do ar. Seu estudo é idêntico ao do **lançamento na vertical**, o qual difere da queda livre somente por apresentar uma velocidade inicial vertical. Esses movimentos são descritos pelas mesmas funções horárias.

A aceleração do **movimento vertical** de um corpo no vácuo é denominada aceleração da gravidade e é indicada por g . Como o movimento se realiza nas proximidades da superfície terrestre, a aceleração da gravidade é considerada **constante**. Assim, a queda livre e o lançamento na vertical são movimentos uniformemente variados (MUV).

A aceleração da gravidade ao nível do mar e a uma latitude de 45° é $9,8 \text{ m/s}^2$. Na resolução de exercícios, para efeito de cálculo, arredondamos para 10 m/s^2 .

Na **queda**, o módulo da velocidade escalar do corpo aumenta: o movimento é **acelerado**. Lançado o corpo verticalmente para cima, o módulo da velocidade escalar diminui na subida: o movimento é **retardado**.

A medida que o corpo é lançado verticalmente para cima sobe, sua velocidade escalar decresce em módulo até **se anular na altura máxima** ($v=0$). Nesse instante ocorre a mudança de **sentido** do movimento e o móvel passa a descer em movimento acelerado.

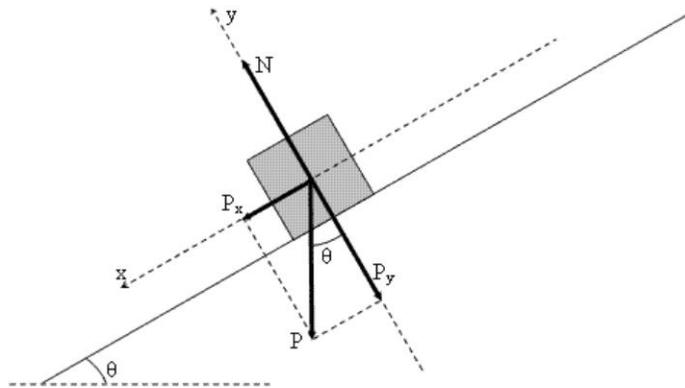
Obs: Desse modo, orientando-se a trajetória para cima no percurso subida e descida, apenas o sinal da velocidade escalar muda. A **aceleração escalar** é negativa independente de o corpo subir ou descer.

Assim, no lançamento vertical e numa queda livre, o sinal da aceleração escalar é determinado somente pela orientação da trajetória e não depende do fato de o corpo estar subindo ou descendo. Subir e descer está associado apenas ao sinal da velocidade escalar.

Plano Inclinado

Quando falamos de escorregador, podemos associá-lo ao plano inclinado. Em um plano inclinado a **força peso** que atua sobre os objetos na superfície terrestre é dividida em duas componentes, uma paralela ao escorregador e outra perpendicular a este, chamadas de P_x e P_y respectivamente, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 - Plano Inclinado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Note que a força normal e a força peso que atuam sobre um objeto que está sobre um plano inclinado não têm a mesma direção, já que a força peso “aponta” para o centro da Terra enquanto a força normal é sempre perpendicular à superfície.

Neste caso, então, a componente y da força peso será igual, em módulo, à força normal e a componente x será responsável pelo movimento do objeto. Ou seja, no caso de uma criança descendo pelo escorregador, será esta componente x que será responsável pelo valor da aceleração com a qual a criança desce. Será que irá depender da massa da criança?

Antes de podermos responder a este questionamento, é preciso fazer algumas considerações importantes acerca do plano inclinado:

1. O ângulo formado entre a força peso e a sua decomposição no eixo y será igual ao ângulo formado entre o plano e a horizontal;
2. Se houver atrito, este terá direção igual porém sentido contrário ao da componente x da força peso.

Assim, podemos finalmente separar a força resultante em cada direção:

- **Em y :**

$$F_{Ry} = N - P_y$$

como não há deslocamento na vertical, esta resultante é nula, assim

$$F_{Ry} = N - P_y = 0$$

$$N = P_y$$

porém,

$$P_y = P \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

ou seja,

$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

- **Em x:**

$$F_{Rx} = m \cdot a$$

$$P_x = m \cdot a$$

porém,

$$P_x = P \cdot \sin\theta = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

assim,

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

então,

$$a = g \cdot \sin\theta$$

Com base nessas informações, responda à seguinte pergunta:

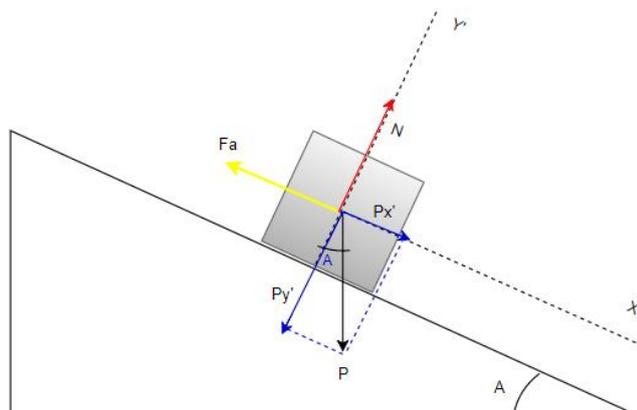
37) João e Maria, cujo as massas são de 40 kg e 57 kg respectivamente, descem por um escorregador que tem um ângulo de inclinação de 45°. Qual das duas crianças descerá com uma aceleração maior?

Obs: Com base no conteúdo e na resolução do exercício, é possível notar que esta aceleração independe da massa da pessoa, depende somente do ângulo de inclinação do escorregador.

Plano Inclinado com atrito

Havendo atrito, apenas devemos acrescentar à nossa discussão anterior a força de atrito, contrária ao deslizamento, ou à tendência de deslizamento. A Figura 31 ilustra um corpo que foi abandonado num plano inclinado com atrito.

Figura 31 - Plano inclinado com atrito



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sua tendência de deslizamento é rampa abaixo. A força de atrito age no corpo, numa direção paralela ao plano, com sentido contrário ao movimento do corpo.

APÊNDICE E - PRÉ-TESTE

As questões 1, 2 e 3, referem-se ao enunciado seguinte:

Um jogador de vôlei lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (B é o ponto mais alto da trajetória). É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola ver Figura 32.

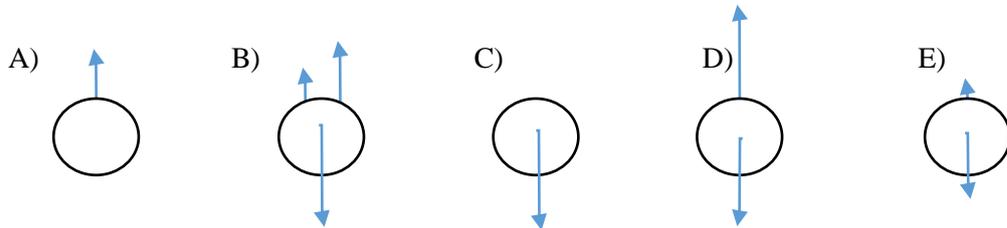
Figura 32 - Lançamento vertical



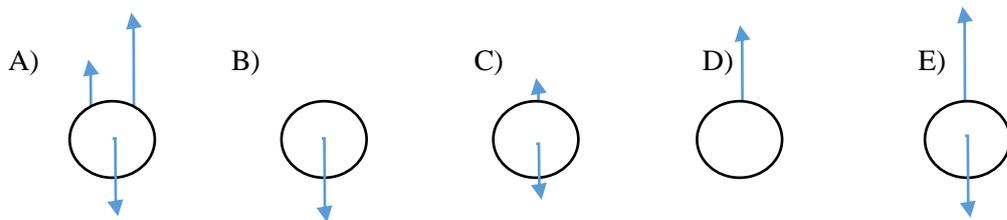
Fonte: Elaborado pelo autor.

As setas nos desenhos seguintes mostram as forças que atuam sobre a bola.

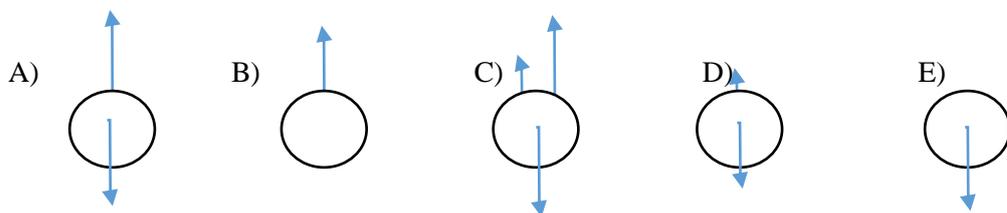
1) No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



2) No ponto B, quando a bola atinge o ponto mais alto da trajetória, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

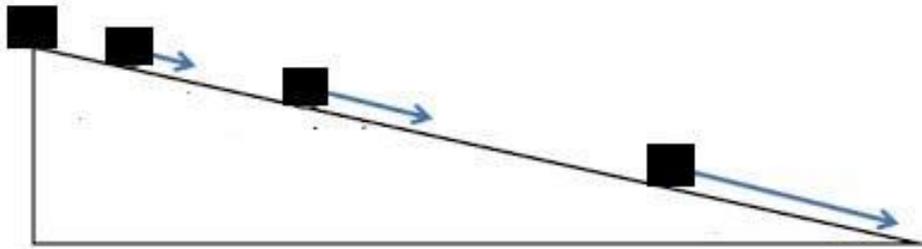


3) No ponto C, quando a bola está descendo, qual dos desenhos melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?



4) O esquema da Figura 33 representa um corpo que foi abandonado em repouso sobre uma rampa com atrito constante (é desprezível a força resistiva do ar sobre o corpo). Ele passa a deslizar com velocidade cada vez maior, conforme mostra a Figura 33. Assim sendo, pode-se afirmar que a força que atua rampa abaixo:

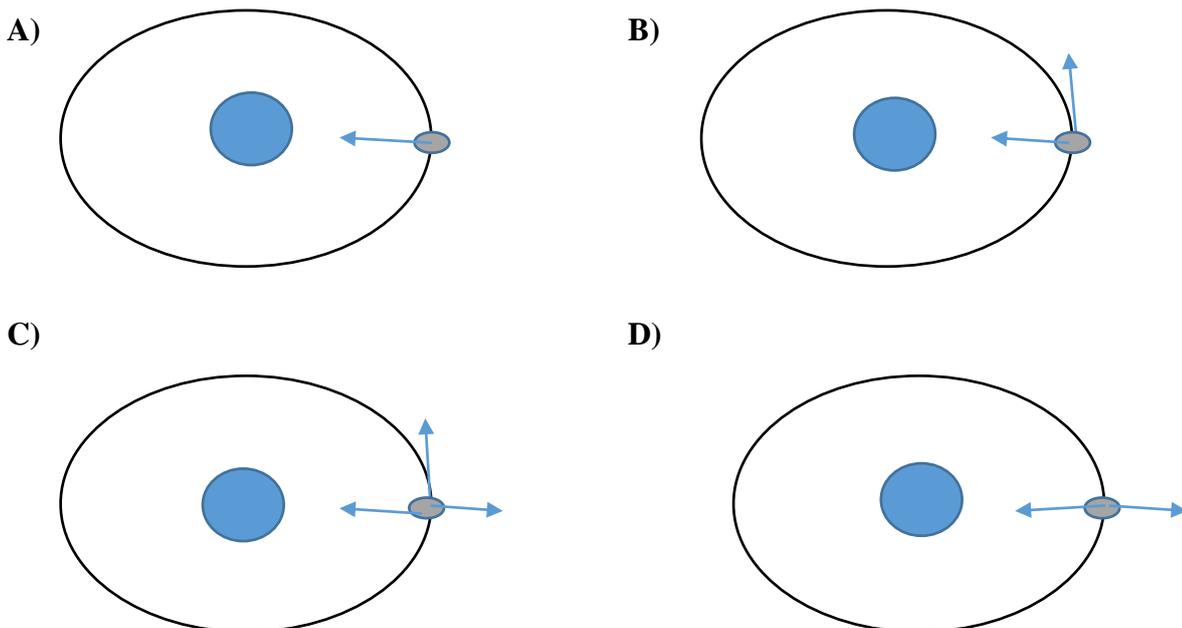
Figura 33 - Lançamento vertical



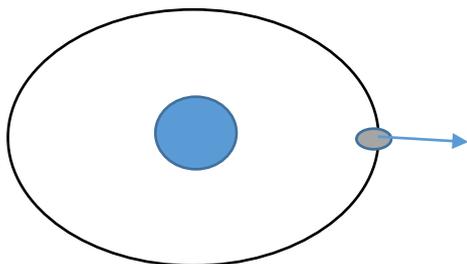
Fonte: Elaborado pelo autor.

- a) É igual a força de atrito.
 b) É maior que a força de atrito e está crescendo.
 c) É constante, porém maior que a força de atrito.
- 5) As figuras 34A, 34B, 34C, 34D e 34E mostram um satélite descrevendo movimento circular uniforme em torno da Terra. As setas mostram as forças que atuam sobre o satélite. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre o satélite?

Figura 34 - Movimento de um satélite



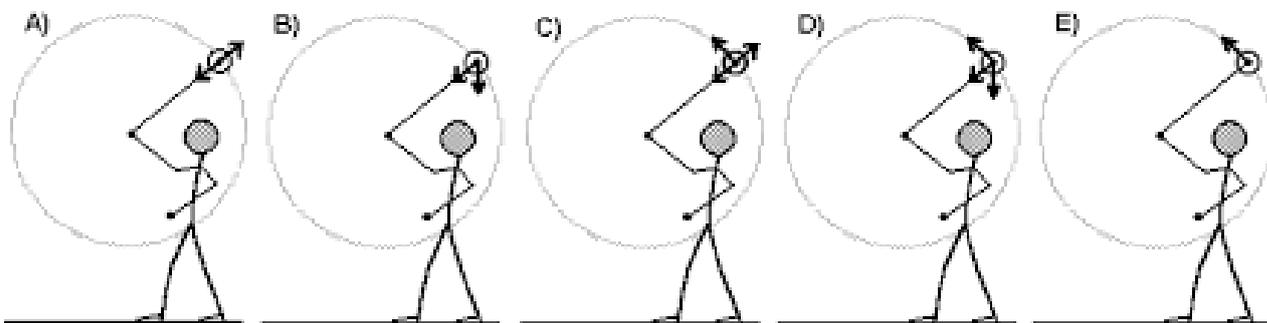
E)



Fonte: Elaborado pelo autor.

- 6) As figuras 35A, 35B, 35C, 35D e 35E, mostram um menino que faz girar, em um plano vertical, uma pedra atada ao extremo de um fio. Se as setas mostram as forças sobre a pedra, qual das figuras melhor representa a(s) força(s) sobre a pedra?

Figura 35 - Movimento circular



Fonte: Elaborado pelo autor.

As questões 7, 8 e 9 referem-se ao enunciado seguinte:

A Figura 36 representa um garoto aplicando uma força horizontal sobre uma caixa. A caixa está sobre uma superfície horizontal com atrito. É desprezível a força de resistência do ar sobre a caixa.

Figura 36 - Força aplicada na horizontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

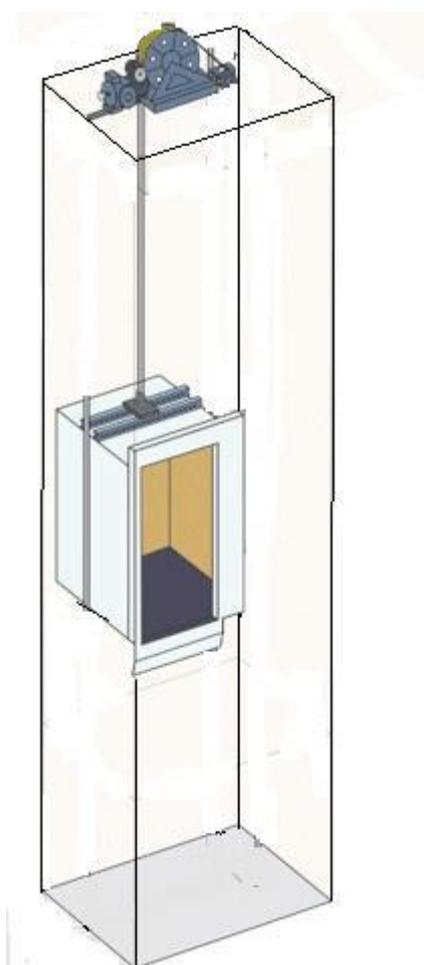
- 7) Inicialmente o garoto realiza uma força um pouco maior que a força de atrito. Portanto, a caixa se movimentará:
- a) Com velocidade que aumenta.
 - b) Com velocidade pequena e constante.
 - c) Com velocidade grande e constante.
- 8) A caixa está sendo empurrada por uma força maior do que a força de atrito. Então o indivíduo diminui a força mas, assim mesmo, ela continua sendo maior do que a força de atrito. Portanto, a velocidade da caixa:
- a) Diminui.
 - b) Aumenta.
 - c) Permanece a mesma.
- 9) A caixa está sendo empurrada por uma força maior que a do atrito. Então o indivíduo diminui a força até que ela se iguale ao atrito. Portanto a caixa:
- a) Continuará se movimentando mas acabará parando.

- b) Para em seguida.
- c) Continuará se movimentando com velocidade constante.

As questões 10, 11 e 12 referem-se ao enunciado seguinte:

A Figura 37 apresenta um elevador e o seu sistema de tração (motor e cabo). Através do cabo, o motor pode aplicar uma força sobre o elevador (são desprezíveis as forças de atrito e de resistência do ar sobre o elevador).

Figura 37 - Elevador suspenso



Fonte: Elaborado pelo autor.

10) Um elevador está inicialmente parado e, então, o motor aplica sobre o elevador uma força um pouco maior do que o peso do elevador. Assim sendo, pode-se afirmar que o elevador subirá:

- a) Com velocidade grande e constante.
- b) Com velocidade que aumenta.
- c) Com velocidade pequena e constante.

11) O elevador está subindo e o motor está aplicando uma força maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor faz diminui, mas permanece ainda maior do que o peso. Portanto, a velocidade do elevador:

- a) Aumenta.
- b) Diminui.
- c) Não é alterada.

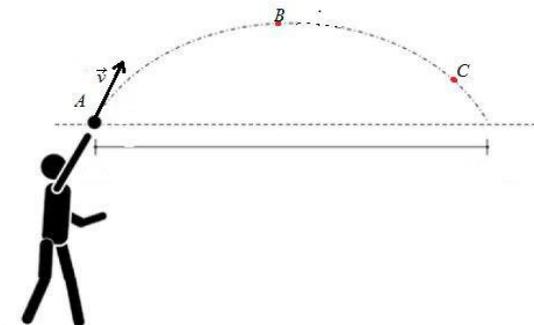
12) O elevador está subindo e o motor está aplicando uma força maior do que o peso do elevador. Então a força que o motor faz diminui e se iguala ao peso do elevador. Portanto, o elevador:

- a) Parará em seguida.
- b) Continuará subindo durante algum tempo mas acabará parando.
- c) Continuará subindo com velocidade constante.

As questões 13, 14 e 15 referem-se ao enunciado a baixo:

Um menino lança uma pedra que descreve a trajetória indicada na Figura 38 (a força de resistência do ar sobre a pedra é desprezível). O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

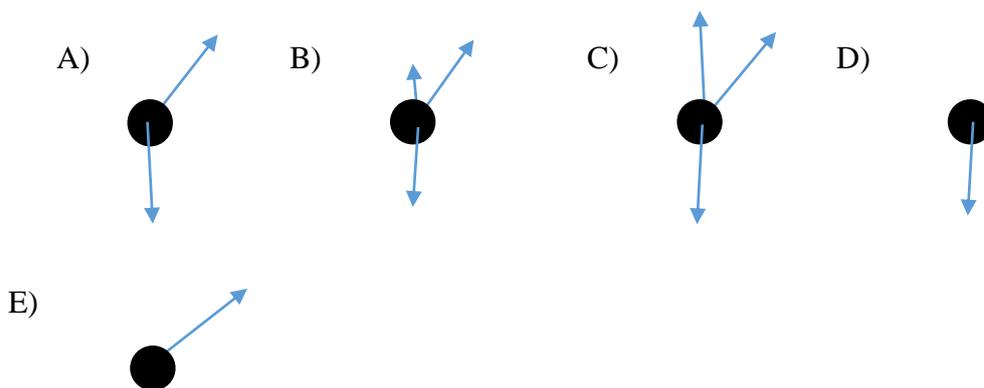
Figura 38 - Lançamento horizontal



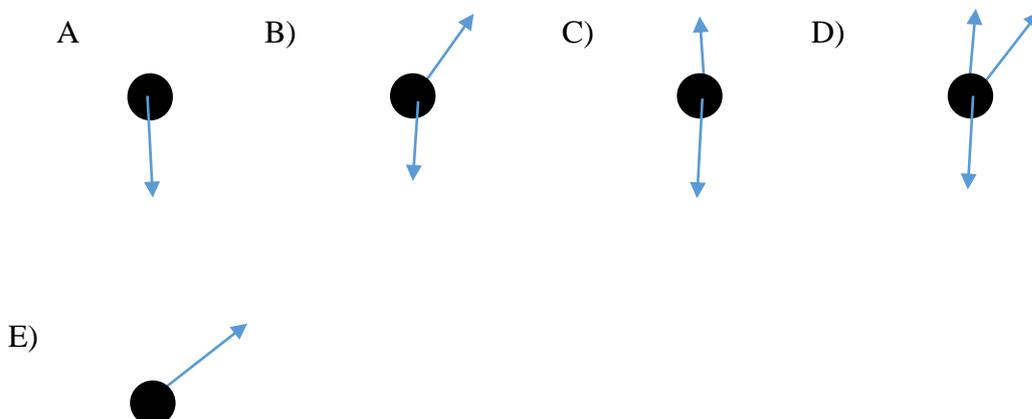
Fonte: Elaborado pelo autor.

As setas nos esquemas seguintes representam as forças que atuam sobre a pedra.

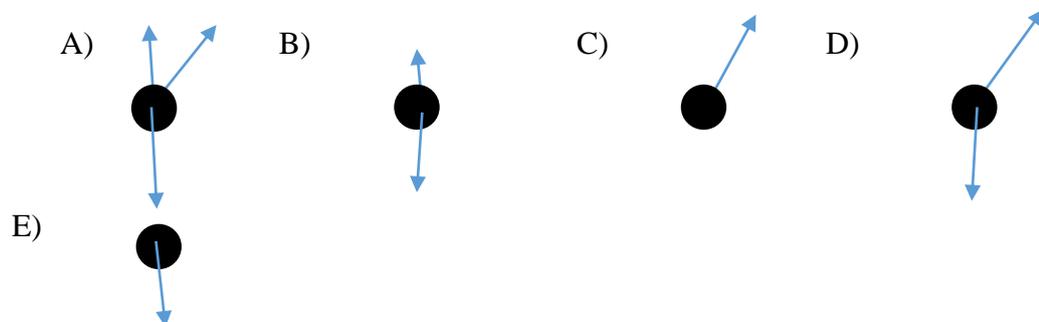
13) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre a pedra?



14) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre a pedra?



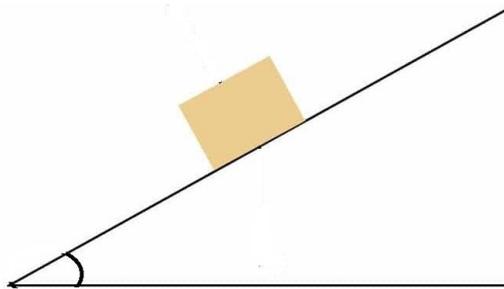
15) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre a pedra?



APÊNDICE F - PÓS-TESTE

- 1) Um determinado corpo está sobre um plano inclinado com atrito conforme Figura 39. Quantas forças atuam sobre esse corpo ?

Figura 39 - Forças atuantes



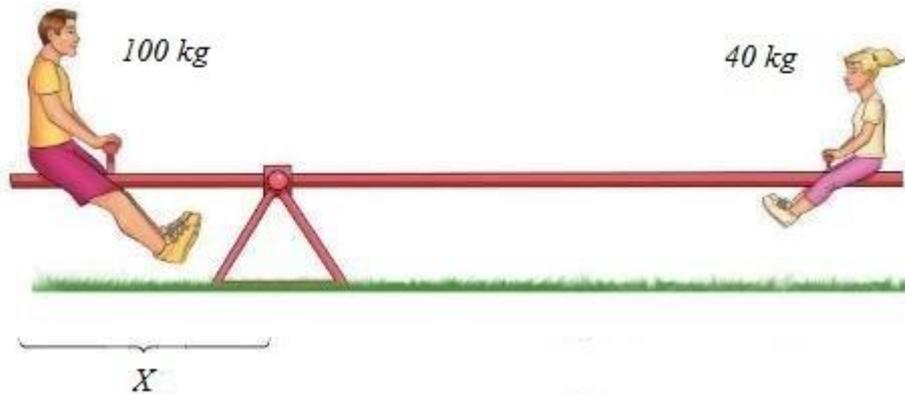
Fonte: Elaborado pelo autor.

- 2) O corpo da Figura 39 tem massa m e o atrito entre ele e o plano é desprezível. Determine o módulo da:
- aceleração com que o bloco desce o plano.
 - a aceleração do bloco se a sua massa fosse o dobro.

Dados: $\sin \theta = 0,8$, $\cos \theta = 0,6$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- 3) Uma pessoa de 100 kg está sentada na ponta de uma gangorra de braços desiguais. Na outra ponta está sentada uma pessoa de 40 kg. Nessa condição, a barra encontra-se em equilíbrio na horizontal. Despreze o peso da barra e determine a posição do apoio (x).

Figura 40 - Equilíbrio horizontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

4) Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um sacode arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida, apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.

Figura 41 - Equilíbrio horizontal



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?

- a) 3 kg
- b) 3,75 kg
- c) 5 kg

- d) 6 kg
- e) 15 kg

5) (Unifesp) Pai e filho passeiam de bicicleta e andam lado a lado com a mesma velocidade. Sabe-se que o diâmetro das rodas da bicicleta do pai é o dobro do diâmetro das rodas da bicicleta do filho.

Pode-se afirmar que as rodas da bicicleta do pai giram com:

- a) a metade da frequência e da velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
- b) a mesma frequência e velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
- c) o dobro da frequência e da velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
- d) a mesma frequência das rodas da bicicleta do filho, mas com metade da velocidade angular.
- e) a mesma frequência das rodas da bicicleta do filho, mas com o dobro da velocidade angular.

6) Duas crianças estão brincando em um gira-gira de um parque de diversões.

Uma delas está sentada a 1 m e a outra a 2 m do centro de rotação, descrevendo meia volta em 20 s. Determine:

- f) a velocidade angular média das crianças nesse intervalo de tempo;
- g) a velocidade linear média de cada criança nesse intervalo de tempo;

7) Uma esfera metálica com massa de 0,1 kg, presa a extremidade de um fio leve e inextensível de 1 m de comprimento, é abandonada de uma certa altura e passa pelo ponto mais baixo da trajetória com velocidade de 2 m/s. Determine, no ponto mais baixo da trajetória;

- a) o valor da força centrípeta sobre a esfera;
- b) a tração no fio;

(Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$)

8) Um pêndulo simples oscila, em condições ideais, passando pela posição mais baixa com velocidade de 0,5 m/s. Sendo a massa pendular 2 kg e $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a tração do fio, ideal e de comprimento igual a 1 m, nessa posição.