

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO:
UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO
CONCEITO DE INÉRCIA

ARLY GÁUTAMA RODRIGUES E SILVA

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ARLY GÁUTAMA RODRIGUES E SILVA

USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO:
UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO
CONCEITO DE INÉRCIA

Sob orientação da Professora Dra:

SÍLVIA MOREIRA GOULART

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Educação em Ciências e Matemática do Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Seropédica, RJ

2023

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001". "This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001".

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586u Silva, Arly Gáutama Rodrigues e, 1973-
USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO MÉDIO:
UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO
CONCEITO DE INÉRCIA / Arly Gáutama Rodrigues e Silva.
Seropédica, 2023.
85 f.: il.

Orientadora: Sílvia Moreira Goulart.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências e Matemática, 2023.

1. Ensino Médio: Ensino e Aprendizagem de Física.
2. Física: Dinâmica. 3. Metodologia de Ensino:
Aprendizagem Significativa. 4. Objeto de
Aprendizagem: Simulação Computacional. 5. História da
Inércia: René Descartes. I. Goulart, Sílvia Moreira,
1956-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências e Matemática III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA



TERMO Nº 1163/2023 - PPGEDUCIMAT (12.28.01.00.00.00.18)

Nº do Protocolo: 23083.070601/2023-15

Seropédica-RJ, 21 de outubro de 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

ARLY GÁUTAMA RODRIGUES E SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática, no Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, área de Concentração em Educação.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31 / 07 / 2023

Sílvia Moreira Goulart, Dr^a. UFRRJ

(Orientador)

Dora Soraia Kindel, Dr^a. UFRRJ

Everton Rangel Bispo, Dr. UNISUAM

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 23/10/2023 10:11)

DORA SORAIA KINDEL

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptES (12.28.01.00.00.86)

Matrícula: ###209#1

(Assinado digitalmente em 21/10/2023 15:04)

SILVIA MOREIRA GOULART

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DeptTPE (12.28.01.00.00.00.24)

Matrícula: ###678#9



Documento assinado digitalmente

EVERTON RANGEL BISPO

Data: 26/10/2023 11:05:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Não Assinado)

EVERTON RANGEL BISPO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.487-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **1163**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **21/10/2023** e o código de verificação: **2e8876e1a6**

Dedico esse trabalho a todos os professores
que buscam incansavelmente melhorar a
educação em nosso país.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos deu o dom da vida e permitiu a realização desta pesquisa.

À minha esposa, Aglaia Dantas Carvalho, incentivadora de todos os momentos, e meus filhos, Luís Carlos Carvalho Rodrigues e Eduardo Marques Rodrigues, fontes de esperança e inspiração.

À Prof.^a Dr.^a Sílvia Moreira Goulart, pela paciência, pelo incentivo e pela orientação.

À Prof.^a Dr.^a Dora Soraia Kindel, pelas contribuições e pelo aceite para compor a banca de defesa desta dissertação, juntamente com o Prof^o Dr^o Everton Rangel Bispo, a quem também agradeço.

Aos colegas de pós-graduação que ingressaram comigo, pelos encontros, pelos períodos de estudo e pela convivência.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, que, com sua elevada qualidade acadêmica e com sua disposição de lecionar, muito contribuiu para esta pesquisa.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter proporcionado as condições para a concretização deste sonho.

RESUMO

SILVA, Arly Gautama Rodrigues e Silva. **Uso de Simulações Computacionais no Ensino Médio: Uma proposta para Aprendizagem Significativa do Conceito de Inércia.** 2023. 81p Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Instituto de Educação/Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Estudantes do Ensino Médio tendem a ter dificuldade em compreender o movimento inercial (Pacca, 1991; Monteiro, 2014; Santos, 2016; Filho, 2018). Essa dificuldade também tem sido foco de pesquisas em História da Física (Polito, 2016; Porto, 2015). Paralelamente, as mudanças proporcionadas pelas novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) mostram a relevância que os Objetos de Aprendizagem (OA) têm assumido no processo de ensino-aprendizagem, enquanto instrumentos de interatividade, respeitando as determinações e as orientações de documentos como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM); e a Lei 12.249, de 11 de junho de 2010, que instituiu o Programa Um Computador por Aluno (PROUCA) parte de uma política nacional de tecnologia educacional do MEC. Esta pesquisa tem como objetivo identificar uma simulação computacional (SC), um tipo de OA, adequada à aprendizagem do conceito físico de inércia, na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003), com contribuições de Novak (1984) e Moreira (2015); e da teoria da pedagogia crítica, por meio das contribuições de Freire (2019). Para a construção do referencial teórico, buscou-se compreender o processo de inserção das TDICs na educação, as características pedagógicas e técnicas de uma simulação computacional e as competências relacionadas aos conhecimentos físicos que os alunos devem desenvolver ao longo do Ensino Médio, além do entendimento da evolução do conceito de movimento inercial ao longo da história da Física. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, dividida em quatro etapas, a saber: levantamento bibliográfico; estabelecimento de critérios de avaliação de simulações computacionais; análise e seleção de simulações computacionais, em que foi verificada sua adequação à perspectiva de aprendizagem significativa do conceito de inércia. Por fim, realizou-se a elaboração de um Guia Didático que tem por objetivo auxiliar professores a incluírem o trabalho com simulações computacionais em seus planejamentos didáticos para o ensino do conceito físico de inércia em turmas do Ensino Médio.

Palavras-chave: Ensino Médio. Ensino de Física. Simulação Computacional. Inércia.

ABSTRACT

SILVA, Arly Gautama Rodrigues e Silva. Use of Computer Simulations in High School: A Proposal for Meaningful Learning of the Concept of Inertia. 2023, p.81. Dissertation (Master in Science and Mathematics Education). Instituto de Educação / Instituto Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

High school students tend to have difficulty understanding inertial motion (Pacca, 1991; Monteiro, 2014; Santos, 2016; Filho, 2018). This difficulty has also been the focus of research in the History of Physics (Polito, 2016; Porto, 2015). At the same time, the changes brought about by the new Digital Information and Communication Technologies (TDICs) show the relevance that Learning Objects (LO) have assumed in the teaching-learning process, as interactivity instruments, respecting the determinations and guidelines of documents such as the Law of Guidelines and Bases of Education, the National Curriculum Guidelines for Secondary Education (DCNEM); and Law 12,249, of June 11, 2010, which established the One Computer per Student Program (PROUCA) as part of a national policy on educational technology by MEC. This research aims to identify a computer simulation (CS), a type of LO, suitable for learning the physical concept of inertia, from the perspective of David Ausubel's theory of meaningful learning (2003), with contributions from Novak (1984) and Moreira (2015); and the theory of critical pedagogy, through the contributions of Freire (2019). For the construction of the theoretical framework, we sought to understand the insertion process of TDICs in education, the pedagogical and technical characteristics of a computer simulation, and the skills related to physical knowledge that students should develop throughout High School, in addition to understanding the evolution of the concept of inertial motion throughout the history of Physics. This is a qualitative research, divided into four stages, namely: bibliographic survey; establishment of evaluation criteria for computational simulations; analysis and selection of computer simulations, where their adequacy to the perspective of meaningful learning of the concept of Inertia was verified. Finally, a Didactic Guide was elaborated with the objective of helping teachers to include the work with computational simulations in their didactic plans for teaching the physical concept of Inertia in High School classes.

Keywords: High school. Physics Teaching. Computer Simulation. Inertia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa Conceitual de Aprendizagem.....	26
Figura 02: Comparação entre a TOB e a TRB.....	45
Figura 03: Taxonomia de Bloom Revisada.....	46
Figura 04: Interface inicial da simulação: Pista de Skate.....	58
Figura 05: Interface inicial da simulação: Movimento de Projétil.....	58
Figura 06: Interface inicial da simulação: Forças e Movimento.....	59
Figura 07: Velocidade constante: 3,2m/s.....	72
Figura 08: Velocidade constante: 4m/s.....	73
Figura 09: Velocidade: 2m/s.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Formulário de Avaliação.....	42
Quadro 02: Pesquisas Bibliográficas.....	56
Quadro 03: Formulário de Avaliação - SC: Pista de Skate.....	63
Quadro 04: Formulário de Avaliação - SC: Movimento de Projétil.....	64
Quadro 05: Formulário de Avaliação - SC: Força e Movimento.....	65
Quadro 06: Objetivos de Aprendizagem e Níveis Cognitivos.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tabela Comparativa de Avaliações.....	66
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BNDS -	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIEd	Centros de Informática em Educação
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
EDUCOM	Educação e Computador
EUA	Estados Unidos da America
7º ENAS	7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica
LOEM	Learning Object Evaluation Metric
LORI	Learning Object Review Instrument
LTSC	Learning Technology Standards Committee
MEC	Ministério da Educação
MERLOT	Multimedia Education Resource for Learning and Online Teaching
OA	Objetos de Aprendizagem
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCNEM-CNM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio da Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
PGEducIMAT	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática
PhET	Physical Education Technology
ProInfo	Programa Nacional de Tecnologias na Educação
ProInfo Integrado	Programa Nacional de Formação Continuada em Tecnologias Educacionais
PRONINFE	Plano Nacional de Informática Educativa
PROUCA	Programa Um Computador por Aluno
SC	Simulações Computacionais
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SO	Sem Opinião
TAM	Technology Acceptance Model
TBR	Taxonomia de Bloom Revisada
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TOB	Taxonomia Original de Bloom
UCAM	Universidade Cândido Mendes
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 TRAJETÓRIA ACADÊMICA.....	16
1.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	18
1.3 PROBLEMA.....	19
1.4 PRESSUPOSTO.....	20
1.5 OBJETIVOS.....	20
1.5.1 Objetivo Geral.....	20
1.5.2 Objetivos Específicos.....	20
1. 6 JUSTIFICATIVA	20
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	23
2.1.1 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica.....	23
2.1.2 Aprendizagem por Descoberta e por Recepção.....	24
2.2 CONDIÇÕES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	25
2.2.1 Ocorrência da Aprendizagem Significativa.....	26
2.2.2 Evidências da Aprendizagem Significativa.....	27
2.3 A INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO.....	28
2.4 ORIENTAÇÕES CURRICULARES SOBRE O USO DE TDIC.....	30
2.5 AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E O ENSINO DE FÍSICA.....	33
2.6 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.....	35

2.6.1 Avaliação das Simulações Computacionais.....	36
2.6.2 Características das Simulações Computacionais.....	37
2.6.3 Critérios de Avaliação das Simulações Computacionais.....	40
2.6.4 Escolhido Repositório de Simulações Computacionais.....	41
2.7 A TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA.....	43
2.7.1 A Taxonomia Digital de Bloom.....	45
2.8 A HISTÓRIA DA INÉRCIA.....	47
2.8.1 O Conceito de Inércia.....	50
3. METODOLOGIA	52
3.1 PERÍODO DA PESQUISA.....	52
3.2 NATUREZA DA PESQUISA.....	52
3.3 PÚBLICO ALVO.....	52
3.4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	53
4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	56
4.1 SELEÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.....	56
4.1.1 Avaliação das Simulações Seleccionadas.....	58
4.1.2 Adequação da SC aos PCNEM.....	66
4.1.3 SC e Taxonomia Digital de Bloom.....	67
5. PRODUTO: O GUIA DIDÁTICO	68
5.1 CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE INÉRCIA.....	68
5.2 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO.....	69

5.3 ATIVIDADES.....	69
5.3.1 Problematização Inicial.....	69
5.3.2 Organização do Conhecimento.....	70
5.3.3 Aplicação do Conhecimento.....	72
5.3.4 Sugestão de Avaliações.....	73
5.3.5 Fenômenos sobre Inércia.....	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

INTRODUÇÃO

O enfoque predominantemente informativo de pesquisas em Ensino de Física na década de 1960-1970 (Queiroz, 2016) priorizou as dificuldades apresentadas pelos alunos e as propostas de recursos pedagógicos, que, ao incorporar os resultados das pesquisas, ofereceram contribuição ao processo de ensino e de aprendizagem. Entretanto, em uma abordagem crítica do processo de ensino e de aprendizagem, no sentido apresentado por Freire (1987), para se promover uma aprendizagem realmente libertadora, torna-se necessário que esses recursos instrucionais sejam potencialmente significativos, como afirmou Moreira (2012).

O presente trabalho investiga o uso de simulações computacionais como um recurso auxiliar à aprendizagem significativa de Física, em particular, como material potencialmente significativo para o estudo do conceito de Inércia.

1.1 TRAJETÓRIA ACADÊMICA

Acredita-se que a maioria das pessoas que escolhem ser pesquisador trazem consigo a motivação de sempre procurar descobrir algo novo, e comigo não foi diferente. Nesse contexto, não poderia deixar de citar o patrono da educação brasileira, Freire (2019):

Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses fazeres se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo educo e me educo. **Pesquisa para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade** (Freire, 2019, p. 29, grifo nosso).

Cabe esclarecer que essa pesquisa desenvolveu-se a partir de minha própria experiência no magistério de Física na Educação Básica. Por essa razão, os leitores encontrarão em várias partes do texto referências aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio.

Sou oriundo de uma família cuja mãe era professora de Ciências da Escola Estadual Josefina Pimenta, em São João Evangelista - MG, e muito me incentivou em meus estudos. Realizei o Ensino Fundamental nesta escola e, na mesma cidade, concluí o Ensino Médio em 1990, na Escola Agrotécnica Federal, atualmente Instituto Federal de Educação.

Em ambas as instituições de ensino, uma das dificuldades à aprendizagem era a metodologia fundamentada em conteúdos ensinados, utilizando-se apenas o livro-texto, quadro-negro e giz. Para a fixação da matéria, os alunos resolviam exercícios propostos e as avaliações mediam apenas a capacidade de memorização dos conteúdos.

Em 2000, durante as aulas de laboratório da Graduação em Engenharia, utilizando materiais manipuláveis, físicos e virtuais, pude compreender como a Física está relacionada ao nosso cotidiano. Nesse período, participei de atividades de monitoria da disciplina, sendo que a experiência adquirida, principalmente na colaboração com o aprendizado de colegas, foi o que me instigou a lecionar.

Entretanto, logo após formado, percebi que as peculiaridades pedagógicas da Educação Básica, que não foram objeto de estudo na minha formação inicial, seriam obstáculos ao bom desempenho como professor. De 2008 a 2019, nas oportunidades que lecionei no Ensino Médio, constatei que os alunos não compreendiam certos conteúdos da Física, muitas vezes fundamentais para o entendimento de outros.

Com o intuito de melhorar como professor, fiz diversas modificações na forma de lecionar, entre as quais: metodologia de sala invertida e jogos educacionais. Entretanto, não obtive os resultados esperados. Percebi, então, a necessidade de buscar o meu aprimoramento profissional. Dessa maneira, a partir de 2016, realizei os cursos a seguir, todos na modalidade presencial:

- Pós Graduação *Lato Sensu* em Ensino de Física e Matemática, pelo Instituto Federal de Educação de Minas Gerais;
- Pós Graduação *Lato Sensu* em Psicopedagogia Institucional, pela Universidade Cândido Mendes (UCAM);
- Licenciatura em Física, Complementação Pedagógica, pela UCAM;
- Curso de Aprendizagem Significativa e Metodologias Ativas, no 7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (7º ENAS);
- Curso de Avaliação da Aprendizagem Significativa, no 7º ENAS.

Os cursos realizados ofereceram uma orientação para a minha prática docente e, no início de 2020, fui aprovado no Mestrado em Educação de Ciências e Matemática da UFRRJ. No Mestrado, a ideia é a de aperfeiçoar minha prática pedagógica. E o meu interesse, manifesto no pré-projeto selecionado, voltou-se para a proposição de uma investigação acerca da utilização de uma simulação computacional para verificar se ela é apropriada a um processo de ensino e de aprendizagem fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa.

1.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

No âmbito da Ciência, a Física, consolidada durante a revolução científica do século XVII, estuda os fenômenos físicos naturais que envolvem a realidade humana e considera que todos esses fenômenos são regidos pelas mesmas leis, de natureza matemática. Conseqüentemente, essa Física, moderna, adquire um “espírito de precisão: precisão na observação dos fatos, precisão na medida e precisão na fabricação de instrumentos” (Koyré, 1991, p. 223). De base matemática, a nova Física geometrizou o universo e o admitiu infinito, “premissa indispensável à fundação da Física Clássica” (Koyré, 1991, p.321). Essa parte da Física tem sido estudada por meio de livros didáticos e livros-texto, como o de Bonjorno (2013), quem enciona que o conhecimento físico permite descrever e prever a ocorrência de fenômenos, desenvolver tecnologias e aplicá-las no dia a dia.

No âmbito da Educação, a aprendizagem de Física Clássica possibilita aos alunos entenderem e interpretarem vários fenômenos cotidianos, fazendo com que compreendam o mundo à sua volta (Alves, 2016) na mesma perspectiva do século XVII. Um desses fenômenos do cotidiano é o movimento sem a atuação de forças externas aplicadas ao sistema considerado. Esse tipo de movimento é chamado de movimento inercial. Pela “Primeira Lei de Newton”, também conhecida como “Lei da Inércia”, um objeto tende a manter o seu estado de movimento ou de repouso, desde que não haja a ação de forças externas sobre ele (Nussenzveig, 2017).

Encontram-se vários exemplos de fenômenos regidos por essa lei no cotidiano: pessoas no interior de automóveis continuam em movimento após uma parada brusca, sendo arremessadas no sentido do movimento dos autos. Isto se deve ao fato de que, quando o carro está em movimento, seus ocupantes também estão em movimento, tendo como referencial uma pessoa que está vendo o veículo do lado de fora dele. Caso esse carro pare bruscamente, como ocorre em uma colisão, as pessoas em seu interior tendem, por inércia, a continuar em movimento e, se não estiverem usando cinto de segurança, serão arremessadas no mesmo sentido do movimento do carro, podendo se ferir. A exigência de cintos de segurança em veículos, e de seu uso pelos passageiros, é exemplo de lei de prevenção desse tipo de acidentes.

Entretanto, na educação escolar muitos alunos não conseguem entender que o objeto em movimento pode estar se locomovendo sem que haja uma força externa atuando (Valadares, 1995; Pacca, 1991). Acredita-se que essa ideia dos estudantes seja semelhante à ideia de Aristóteles (382-322 a. C.), que predominou desde a Antiguidade Clássica (Moraes;

Moraes, 2000), segundo a qual, se há movimento, há uma força atuando para manter o objeto em movimento. E essa força deveria ser uma força de contato. Cientistas levaram séculos para compreender o movimento inercial. Somente no primeiro quartel do século XVII, René Descartes (1596–1650) interpretou esse fenômeno tal como o conhecimento científico atualmente aceito (Cottingham, 1992).

Sabe-se que, na educação científica, a Física tornou-se uma disciplina que representa para o estudante, na maior parte das vezes, algo muito difícil de se compreender. Conforme dizem Heineck, Valiati e Rosa (2017), na maioria das salas de aula, o ensino de Física é baseado na memorização de fórmulas e na aplicação dessas fórmulas na resolução de problemas abstratos, sem conexão com o cotidiano dos estudantes.

Como recursos didáticos para superar essa dificuldade, tem-se atualmente a possibilidade de recorrer a simulações computacionais (SC) no processo de ensino e de aprendizagem de Física. Simulações computacionais apresentam analogias de fenômenos físicos, e, como tal, permitem um controle preciso do desenvolvimento do fenômeno bem como a sua repetição.

Atualmente, o número de SC disponíveis é imenso e variado em conteúdo, como é possível verificar na literatura acadêmica. Algumas são empregadas na Educação Básica como facilitadores da aprendizagem (Martins *et al.*, 2020); outras são usadas como potencializadores dela (Gomes; Vieira, 2020); outros autores admitem que o uso desses métodos pode romper com o ensino tradicional (Pires Júnior, 2014). No entanto, ainda se carece de uma avaliação da adequação dessas simulações aos objetivos de aprendizagem e às necessidades de aprendizagem, considerando a realidade da maioria dos alunos brasileiros.

1.3 PROBLEMA

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), atualmente, fazem parte do cotidiano dos alunos (Barbosa, 2015) e o uso de Objetos de Aprendizagem como as Simulações Computacionais vem se tornando frequente nas aulas experimentais de Física (Rived, 2017). No entanto, é necessário saber se o objetivo para o qual a SC foi desenvolvida foi plenamente alcançado. Em outras palavras, de um lado é necessário identificar a adequação da SC ao que se pretende no planejamento de ensino; e, de outro lado, é preciso avaliar se a SC está adequada à realidade dos estudantes que vão trabalhar com ela. Nesse contexto, insere-se o problema deste trabalho: como uma simulação computacional pode favorecer alunos do Ensino Médio para que aprendam o conceito de inércia de maneira significativa?

1.4 PRESSUPOSTO

Admite-se o seguinte pressuposto: a SC selecionada pode ser utilizada para estimular o desenvolvimento da aprendizagem significativa do conceito de Inércia.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Identificar uma SC mais apropriada ao processo de educação básica de estudantes do Ensino Médio sobre o conceito de Inércia.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. verificar as características pedagógicas e técnicas desejáveis de uma SC;
2. selecionar uma SC da área de Física, que atenda às características pedagógicas e técnicas desejáveis de uma SC e que possibilite o aprendizado de inércia;
3. verificar o relacionamento das características da SC selecionada com as competências a serem desenvolvidas pelos alunos do Ensino Médio;
4. verificar, através da Taxonomia de Bloom, em qual nível de desenvolvimento cognitivo a SC pode ser utilizada;
5. elaborar um Guia Didático fundamentado na teoria da aprendizagem significativa, e que possa incentivar o uso de simulações computacionais.

1.6 JUSTIFICATIVA

As tecnologias estão cada vez mais presentes no cotidiano de professores e alunos, e o processo de ensino-aprendizagem não deve ficar alheio a essa realidade. Novas práticas pedagógicas estão surgindo e contribuindo para o aprendizado dos alunos.

Cita-se a tecnologia multimídia, que possibilita o uso de diferentes imagens, vídeos, simulações etc., ao mesmo tempo, e, de maneira integrada entre si, possibilitar que os conhecimentos científicos estejam ao alcance do processo de (re)construção de conhecimento do aluno (Moran; Masseto; Behrens, 2019).

Em particular, no ensino de Física, são várias as possibilidades de utilização dessas tecnologias. Por exemplo, as simulações computacionais possibilitam apresentar fenômenos dinâmicos de maneira mais próxima da qual se apresentam no cotidiano do educando, diferentemente das imagens dos livros didáticos que os representam de forma estática (Mintzes; Wandersee, 2015).

Pode-se citar ainda pesquisas envolvendo o uso de simulações no estudo do tema de Força e Movimento, que apresentaram resultados positivos para a aprendizagem do conteúdo, como as conclusões apresentadas pela investigação de Jiménez, Álvarez e Pedrajas (1994):

- os alunos que utilizaram simulações computacionais tiveram desempenho melhor nas avaliações do que aqueles submetidos aos métodos tradicionais;
- é preciso considerar o papel motivador que o computador exerce sobre o aprendizado do aluno, e continuar elaborando materiais didáticos acompanhados de pesquisas sobre sua influência no processo de aprendizagem.

Sobre o mesmo tema, pode-se citar outra pesquisa que também apresentou resultados positivos. De acordo com Hennessy (1995):

- a aplicação de simulações computacionais promoveu mudança conceitual no raciocínio dos alunos que passaram pelas atividades. Explicações afirmando que movimento implica na atuação de forças foram menos citadas;
- a elaboração de um currículo, orientado pelo uso de vários computadores conectados ao mesmo tempo, dentro de um laboratório comum, é eficaz para a aprendizagem dos alunos.

Percebe-se que as simulações computacionais podem contribuir de maneira relevante no ensino de Física. Apresentam possibilidades, como o aumento virtual da carga horária da disciplina, propiciando uma extensão da sala de aula. Além disso, pesquisas mostram que os alunos acessam o ambiente virtual fora do horário de aula, inclusive em dias que não são letivos (Pires; Veit, 2006).

Há anos, colegas de profissão, da área de Ensino de Física, professores regentes de turmas do Ensino Médio, afirmam que a carga horária disponibilizada para a disciplina de Física no currículo escolar não é adequada à quantidade de temas a serem abordados. A impossibilidade de aumentar a quantidade de aulas contribui para que alguns professores apresentem os conteúdos de maneira expositiva, em uma concepção tradicional. Muitas vezes, o educando é treinado a resolver problemas, sem refletir no que está aprendendo (Mota; Caldas, 2018).

Ademais, a falta de recursos didáticos dificulta que aulas mais dinâmicas sejam planejadas. Citam-se os escassos laboratórios de Física e bibliotecas com acervos limitados, que pouco servem de fontes para que o aluno possa ampliar os conhecimentos físicos adquiridos. Segundo o Censo Escolar da Educação Básica de 2018, apenas 37,5% das escolas estaduais brasileiras possuem laboratórios (Medeiros, 2019).

Nesse contexto, o tema desta pesquisa é relevante, porque as SC possibilitam que a carga horária de estudos seja virtualmente aumentada, propiciando uma extensão da sala de aula. Também, podem ser utilizadas em substituição a alguns experimentos práticos propostos pelo currículo, particularmente quando a experiência original for de difícil reprodução pelos estudantes. Dessa maneira, as simulações podem representar novas fontes de conhecimento sobre os assuntos abordados (Costa *et al.*, 2013).

Este estudo pretende trazer retorno para a sociedade, pois a pesquisa relaciona tecnologias digitais com competências que o aluno deve desenvolver, tais como as citadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 2000): utilizar tecnologias básicas de redação e informação, como computadores, e aplicar as tecnologias na escola e em outros contextos relevantes para a vida.

Em seu caráter pedagógico, o produto educacional gerado ao final dessa investigação, um guia didático que possibilite a aprendizagem significativa do conceito de Inércia, pretende contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos da seguinte maneira: o capítulo 1 é introdutório: contextualiza a pesquisa, o tema, o problema, as hipóteses, os objetivos (geral e específicos), a justificativa, bem como a estrutura do trabalho. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico relacionado a esta pesquisa, dissertando sobre os principais tópicos que ponderam definições e conceitos que dão suporte à discussão teórica e à interpretação dos dados obtidos. O capítulo 3 expõe os procedimentos metodológicos, descrevendo a técnica utilizada na pesquisa, juntamente com seus detalhes, os instrumentos de coleta de dados, além da natureza da pesquisa. O capítulo 4 contém a apresentação e a análise dos dados coletados, e seus resultados. No capítulo 5, consta o produto deste trabalho: um Guia Didático, produzido com o objetivo de auxiliar professores no ensino dos conceitos básicos de dinâmica, particularmente de Inércia. O capítulo 6 mostra as considerações finais, limitações da pesquisa e possíveis trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas nesta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi apresentada pela primeira vez em 1963 pelo psicólogo cognitivista David Paul Ausubel (Moreira, 2011a), com foco, principalmente, na aprendizagem escolar. Para Ausubel (2003, p. 07), “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”, isto é, toda a experiência prévia que o aluno possui e, em particular, alguns conceitos específicos que serão relevantes para a aprendizagem de novas informações sobre determinado assunto. A esses conhecimentos, o autor deu o nome de conceitos subsunçores (ideias âncoras). Esses subsunçores podem ser uma ideia, uma imagem, uma preposição, enfim, o que o aluno traz em sua bagagem cultural (Moreira; Masini, 2016). As novas informações irão ancorar-se nos conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva, relacionando-se com eles, e, ao mesmo tempo, transformá-los (Ausubel, 2003). Relacionar uma nova informação com um conhecimento existente na estrutura cognitiva do aluno, segundo Moreira (2016), significa "ensinar de acordo", implica apoiar o ensino naquilo que o aprendiz já sabe, identificar os conceitos que poderão ser ensinados e utilizar recursos e princípios que facilitem a aprendizagem de maneira significativa.

Ao tratar da averiguação de conhecimentos prévios, busca-se descobrir a estrutura cognitiva preexistente na mente do aluno, ou seja, o que ele já sabe. Nem sempre isto é uma tarefa fácil, muitas vezes as avaliações, principalmente as escritas, não conseguem diferenciar aquilo que o aluno memorizou, daquilo que aprendeu de maneira significativa, e, apesar das tentativas, nem sempre é possível verificar qualquer alteração nas concepções prévias (Neves, Savi, 2000).

2.1.1 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

O conceito central da Teoria da Aprendizagem Significativa é o processo pelo qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo (Ausubel, 2003).

Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (Moreira, 2012, p. 25).

Em contraste com a aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica é definida por Ausubel (2003) como sendo aquela aprendizagem de novas informações que se manifesta com pouca ou nenhuma interação entre a nova informação e aquela já armazenada pelo

aprendiz. O novo conhecimento assim adquirido é armazenado de maneira arbitrária, sem se ligar a conceitos subsunçores específicos (Ausubel, 2003). Pode-se tomar, como exemplo, a simples memorização de fórmulas matemáticas, leis e conceitos (Moreira, 2016), como acontece nos modelos tradicionais de ensino. De outro modo, pode-se dizer que é o processo que algumas vezes é utilizado pelo aluno antes de uma avaliação, quando memoriza o conteúdo, esquecendo-o pouco tempo depois (Ausubel, 2003).

Em alguns casos, a aprendizagem mecânica é necessária para propiciar as condições mínimas de que a aprendizagem significativa possa ocorrer, como, por exemplo, no caso em que o aluno não possui ideias âncoras que possam ser relacionadas com novas informações (Moreira, 2016). Dessa maneira, é preciso criá-las na estrutura cognitiva do aluno para que seja possível ocorrer a aprendizagem significativa. Mas “a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática [...] isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, a predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor” (Moreira, 2012, p. 12-13).

Na disciplina de Física, percebe-se que alguns alunos chegam ao Ensino Médio sem os conhecimentos prévios necessários ao aprendizado de Força e Movimento. Dessa maneira, a memorização das fórmulas iniciais do tema possibilita que entendam a relação entre alguns fenômenos, como Força e Aceleração. Durante as aulas passam a entender que caso a força resultante aplicada em um corpo seja positiva, a aceleração também será positiva.

2.1.2 Aprendizagem por Descoberta e por Recepção

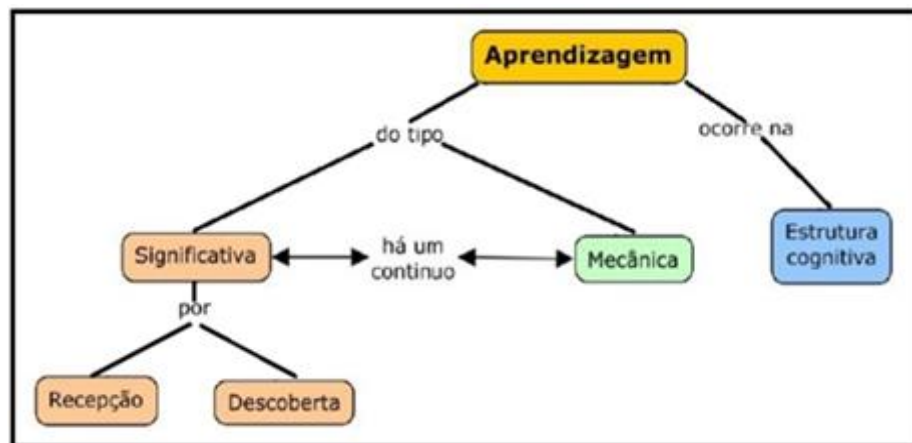
Além da aprendizagem significativa e da aprendizagem mecânica, podem-se citar mais dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção. Segundo Ausubel (2003), “na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz”.

Pode-se dizer que tanto a aprendizagem receptiva, quanto a aprendizagem por descoberta podem ser mecânicas ou significativas, dependendo do modo como as novas informações são armazenadas na estrutura cognitiva do aluno. Ou seja, quer por recepção ou por descoberta, a aprendizagem é significativa, segundo a concepção de Ausubel (2003), se a nova informação incorpora-se de forma não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 2003). Por exemplo,

a solução de quebra-cabeças por ensaio e erro é um tipo de aprendizagem por descoberta em que o conteúdo descoberto (a solução) é, geralmente, incorporado de maneira arbitrária à estrutura cognitiva e, portanto, aprendido mecanicamente. Por outro lado, uma lei física pode ser aprendida significativamente sem que o aluno tenha que descobri-la. Este pode receber a lei "pronta", ser capaz de compreendê-la e utilizá-la significativamente, desde que tenha, em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados (MOREIRA, 2009, p. 09).

Segundo Moreira (2012), da mesma forma que há um contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, há outro entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta, ou seja, o conhecimento não é construído tão só por recepção ou por descoberta. Segundo Ausubel (2003), os principais conceitos relativos à aprendizagem articulam-se esquematicamente da seguinte forma (figura 01):

Figura 01: Mapa Conceitual de Aprendizagem



Fonte: Ausubel (2003).

Ressalta-se que, para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa ocorre quando o conhecimento aprendido relaciona-se a outros presentes na estrutura cognitiva dos alunos, podendo ser por recepção ou por descoberta.

2.2 CONDIÇÕES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A concepção de ensino-aprendizagem de Ausubel (2003) propõe algumas condições básicas para a ocorrência da aprendizagem significativa que são:

a) os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser considerados, percebendo-se em que estágio cognitivo se encontra o educando para, a partir de ideias “âncoras” (subsunçores) presentes em sua estrutura cognitiva, estratégias de ensino sejam propostas;

b) o material de ensino deve ser *potencialmente significativo*, ou seja, deve ser relevante e adequado à estrutura cognitiva do educando (Moreira, 2015, p. 155);

c) o aprendiz deve estar disposto a relacionar o novo conhecimento de forma substancial à sua estrutura cognitiva.

Pelo exposto, pode-se constatar que, para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa só ocorre com a presença de ideias âncoras (subsunçores) relevantes. Segundo Moreira (2011a), organizadores prévios podem ser usados como pontes cognitivas entre os novos conhecimentos e aqueles presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Trata-se de um material introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, podendo ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação, bem como uma aula que precede um conjunto de outras aulas. Não deve ser confundido com uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido.

Importante destacar que, além do material ser potencialmente significativo e o aprendiz ter subsunçores especificamente relevantes, ele também deve apresentar uma disposição de relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não arbitrária (Moreira, 2011a). Ou seja, para aprender de maneira significativa:

o aprendiz deve querer relacionar o novo conteúdo de maneira não-literal e não-arbitrária **ao seu conhecimento prévio**. Independente de quão potencialmente significativa é a nova informação (um conceito ou uma proposição, por exemplo), **se a intenção do sujeito for apenas a de memorizá-la** de maneira arbitrária e literal, **a aprendizagem só poderá ser mecânica** (Moreira, 2011b, p. 35, grifo nosso).

Caso o interesse do aluno seja apenas memorizá-lo de maneira arbitrária e literal, a aprendizagem será mecânica, ou seja, sem significado (Moreira, 2016).

Dessa forma, a disposição do aluno em participar do processo de ensino-aprendizagem, o material de ensino potencialmente significativo, e o educando possuir subsunçores necessários à ancoragem de novos conceitos são condições para uma aprendizagem significativa.

2.2.1 Ocorrência da Aprendizagem Significativa

Ao se propor a aprendizagem significativa, necessita-se de meios que possam avaliar evidências desse tipo de aprendizagem.

[...] **É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não**. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez, se for o caso, as tarefas de aprendizagem (Moreira, 2012, p. 24, grifo nosso).

A ocorrência da aprendizagem significativa implica em uma nova abordagem de como avaliar o aluno. Deve-se buscar avaliar o que foi compreendido pelo aprendiz, se captou os

significados e se é capaz de aplicar o conhecimento assimilado a situações desconhecidas (Moreira, 2012).

As novas situações devem ser propostas ao longo do processo de ensino e de aprendizagem. Durante as aulas, o professor deve acostumar seus alunos a realizarem a transferência dos conhecimentos aprendidos para situações desconhecidas para eles. Por exemplo, pode-se estudar exercícios resolvidos junto com seus alunos em um primeiro momento e, em outro, propor problemas novos para que o aprendiz desenvolva a resolução. O professor deve desafiar o aprendiz a buscar novas informações de modo que possa aprender progressivamente (Moreira, 2015).

Segundo Moreira (2011), a melhor maneira de encontrar evidências de aprendizagem significativa é utilizar questões e problemas que sejam novos, não familiares, e que requeiram a máxima transformação do conhecimento adquirido. Dessa maneira, testes de compreensão devem, no mínimo, ser fraseados de forma diferente e apresentados em um contexto diverso daquele originalmente encontrado no material instrucional. Outra possibilidade é solicitar aos estudantes que diferenciem ideias relacionadas, mas não idênticas, ou que identifiquem os elementos de um conceito ou a proposição de uma lista contendo, também, os elementos de outros conceitos e proposições similares (Moreira, 2016).

Sem dúvida, não é fácil encontrar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa. Principalmente, porque implica em uma nova postura frente à avaliação (Moreira, 2011a). Entretanto, a realização de avaliações intermediárias, formativas, durante um período letivo, ao invés de apenas avaliações finais ao término dele, pode possibilitar ao professor verificar se o aprendiz apresenta evidências de que esteja ocorrendo de maneira significativa (Moreira, 2012).

2.2.2 Evidências de Aprendizagem Significativa

Em algumas publicações selecionadas durante esta pesquisa foram encontradas evidências de que a aprendizagem significativa tenha ocorrido. Alguns autores relatam metodologias com resultados positivos e que, ao serem replicadas, podem apresentar resultados similares.

De acordo com Costa *et al.* (2013), os softwares de simulação computacional, aliados a estratégias pedagógicas, mostraram ser recursos promissores. A utilização desses recursos instrucionais permitiu que os alunos estabelecessem diversas relações entre a teoria e a prática, ao invés de mera acumulação de conhecimentos sem sentido. Nas atividades, os

estudantes puderam modificar as variáveis dos experimentos e observar os resultados obtidos, sendo notório o interesse dos alunos pelo material potencialmente significativo.

Uma das atividades desenvolvidas com os alunos foi a sondagem de conhecimentos prévios. Para tanto, realizou-se uma discussão sobre o tema proposto, mediada pelo professor. Em seguida, foram promovidas unidades didáticas nas quais os alunos realizaram, colaborativamente, atividades com o auxílio de um recurso potencialmente significativo, uma simulação computacional.

Em outra publicação, segundo Dorneles *et al.* (2016), alunos que foram motivados a utilizar uma simulação na qual podiam inserir valores iniciais para variáveis, alterar parâmetros, eventualmente modificar as relações entre as variáveis, e observar resultados mostravam-se mais dispostos a aprender o conteúdo ministrado em sala de aula. À medida que conseguiam interagir com os fenômenos, ao alterarem os dados inseridos no software, o que pelos métodos tradicionais de ensino normalmente não é possível, percebeu-se que apresentaram maior disposição de utilizar o material instrucional, indicando ter ocorrido uma aprendizagem significativa.

2.3 A INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

Educação passou por mudanças ao longo dos anos, porém sem perder uma de suas principais características, trata-se de uma prática social, com suas ideologias e subjetividades. Sendo assim, deve ser capaz de superar barreiras, tornando-se um agente transformador de realidades por meio do reconhecimento do sujeito como um ser histórico, político e participativo. Nessa esfera do papel social da Educação, é possível constatar o quanto o processo educativo é influenciado e passa por mudanças de acordo com seu tempo histórico (Freire, 2019).

No Brasil, a utilização de computadores teve início na década de 70 em instituições de Ensino Superior e trouxe profundas mudanças na Educação e Sociedade. Em 1971, na Universidade Federal de São Carlos, ocorreu o primeiro seminário sobre utilização da tecnologia computacional. Naquele mesmo ano, foi realizada uma conferência nacional sobre tecnologias aplicadas ao Ensino Superior, acontecida na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Durante esse evento, pela primeira vez, computadores que se encontravam em locais diferentes foram conectados, assim, computadores do evento foram conectados aos da Universidade de São Paulo (Souza, 1983).

Essas primeiras experiências multiplicaram-se e, no início da década de 80, existiam diversas iniciativas de utilização da informática na educação. Nesse contexto, pesquisadores

de várias universidades conseguiram despertar o interessado governo federal de disseminar o uso de computadores pela sociedade (Souza, 1983).

Ainda, no início dos anos 80, foi implantado o EDUCOM, um projeto do MEC que buscava a disseminação de tecnologias computacionais por meio da formação de profissionais das universidades e das escolas públicas. A partir de 1987, foram implantados nos estados os Centros de Informática em Educação (CIEd) e, em 1989, na Secretaria Geral do MEC, o Plano Nacional de Informática Educativa (PRONINFE). Esse programa contava com orçamento previsto nas despesas anuais a serem realizadas pela União e consolidou diferentes iniciativas governamentais de disseminação da informática (Andrade, 1993).

A partir de 1997, com a implantação do Programa Nacional de Tecnologias na Educação (ProInfo), e suas vertentes: Programa Um Computador por Aluno, TV Escola e o Portal de Professor, o Brasil passa a contar com uma política diferenciada sobre tecnologias na Educação (Valente, 1998).

O ProInfo foi criado visando disseminar o uso educacional de tecnologias computacionais e de telecomunicações em escolas públicas. Conseguiu implantar diversos núcleos de tecnologia educacional em todos os estados brasileiros, capacitando profissionais a atuarem como multiplicadores da utilização da informática na educação (Valente, 1998).

A partir de 2007, o programa passou a incentivar o uso pedagógico das ferramentas computacionais na rede pública de educação básica. Neste contexto, passa a comprar, distribuir e instalar laboratórios de informática em escolas públicas. São distribuídos ainda projetores de multimídia com computadores acoplados (Medrano, 2013).

Durante o ano de 2007, foram selecionadas escolas nas quais realizaram-se os experimentos iniciais do Programa Um Computador por Aluno (PROUCA), que possibilitou a estados e a municípios adquirirem computadores portáteis. Para tanto, foi disponibilizada uma linha de crédito junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (Medrano, 2013).

Ainda, em 2007, devido à necessidade de formação de professores capacitados a utilizarem os recursos tecnológicos, foi criado o Programa Nacional de Formação Continuada em Tecnologias Educacionais (ProInfo Integrado) (Schnell, 2009).

Atualmente, o ProInfo continua possibilitando que estudantes e professores da rede pública de ensino possam adquirir equipamentos como *tablets*, *notebooks*, computadores e outros equipamentos que possam promover o uso da tecnologia como ferramenta de enriquecimento pedagógico. Entretanto, nem todas as escolas brasileiras dispõem desses

materiais instrucionais e o acesso à internet no ambiente escolar ainda é uma realidade distante para muitos alunos.

2.4 ORIENTAÇÕES CURRICULARES SOBRE O USO DE TDIC

A partir da reforma educacional dos anos 90, as novas tecnologias passaram a ter um papel de destaque na educação e, durante as décadas que se seguiram, as inovações curriculares passaram a expressar a conexão dessas tecnologias com uma concepção de educação fundamentada em competências.

Dessa maneira, alguns documentos oficiais passaram a regulamentar a inclusão das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) na educação básica. Cita-se a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394/96) e suas atualizações, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e suas atualizações, e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Outras publicações oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio da Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCNEM-CNM), dedicaram-se a orientar a referida inclusão (Cury, 2002).

Após a Constituição de 1988, reiniciaram-se longos debates sobre a educação brasileira que, em 1996, deram origem à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica (LDB). Nela, o Ensino Médio (EM) adquiriu um objetivo formativo próprio, deixando de ser considerado mera etapa intermediária entre o Ensino Fundamental e o Ensino Superior ou o mercado de trabalho (Cury, 2002, p. 182). Dessa maneira, o EM passou a ter novas finalidades, entre as quais: possibilitar aos alunos a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (Brasil, 2016).

Nesse sentido, o art. 3º, Inciso XI, da LDB/1996 (Brasil, 2016) define que outra finalidade da educação é a vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais. Sendo assim, as mudanças da sociedade relacionadas com as tecnologias devem ser refletidas na educação básica, possibilitando que os alunos possam compreender essas transformações, assim como sua participação nelas. Faz-se importante destacar que, nas atualizações da LDB, a determinação de incorporação das tecnologias à educação básica permanece (Almeida, 2006).

Acrescenta-se que a Lei nº 9.394/96 e suas atualizações trazem, em seu art. 9º, incumbências à União, como estabelecer diretrizes em colaboração com os Estados e os Municípios, que norteiem a organização dos currículos de modo a assegurar uma formação

básica comum para o Ensino Médio (Brasil, 2016). A LDB indica uma direção a ser seguida pela educação básica, tendo atualizações menos frequentes, quando comparada com as Diretrizes Curriculares Nacionais, que, por sua natureza, estão mais próximas da ação pedagógica, necessitando ser revistas com maior periodicidade, ou seja, com menor intervalo de tempo entre as atualizações sucessivas (Almeida, 2006).

Outro documento relevante na organização da educação básica são as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), que receberam atualizações ao longo dos últimos anos. As DCNEM indicam que o Ensino Médio deve estar fundamentado em ações que visem à integração entre a educação e as dimensões do trabalho, da cultura, da ciência, e da tecnologia (Barbosa, 2009).

Buscando orientar o trabalho docente, em particular a aplicação da LDB e DCNEM no sistema educacional, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), que possuem um papel de destaque. O documento, **de caráter não obrigatório**, é flexível e pode adaptar-se aos diferentes sistemas de ensino e regiões do país, tornando-se um marco de referência para a educação básica (Almeida, 2007).

Os PCNEM apresentam conteúdo separado por disciplinas e visam orientar a elaboração dos currículos das escolas, assim como o planejamento das aulas e conduzir educadores na prática docente cotidiana. No início do documento, há uma seção destinada a descrever um perfil de currículo fundamentado em competências, que busca a inserção do jovem na vida adulta (Brasil, 2000).

Nos PCNEM, há propostas de inserção de novas tecnologias e maneiras de aquisição de conhecimento na educação básica, visando a que a escola possa integrar o aluno ao mundo contemporâneo. O documento orienta os professores sobre a utilização de novas abordagens em sala de aula, elencando as competências que o aluno precisa adquirir (Brasil, 2000).

Estão organizados em três áreas de conhecimento: (i) Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, que é composto pelas disciplinas de Língua Portuguesa, Língua Estrangeira Moderna, Educação Física, Arte e Informática; (ii) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, pelas disciplinas Biologia, Física, Química, Matemática; (iii) Ciências Humanas e suas Tecnologias, pelas disciplinas História, Geografia, Sociologia, Antropologia, Filosofia e Política (Brasil, 2000).

Em 2002, o MEC publicou os PCNEM-CNM, outro documento sem objetivos normativos, que procura facilitar a organização curricular na escola por meio da articulação das competências que se quer desenvolver com os conhecimentos disciplinares. A aprendizagem na área de Ciências da Natureza busca ajudar o aluno a compreender o mundo

que o cerca, possibilitando que intervenha em sua realidade, por meio da utilização dos conhecimentos científicos. Essa área, por definição, explicita as ciências que têm em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos. Sendo assim, compartilham linguagens para a representação e a sistematização do conhecimento de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos (Brasil, 2002).

Para Reses (2010), as disciplinas dos PCNEM-CNM permitem que os alunos façam experiências com o conteúdo trabalhado nas aulas teóricas, conhecendo e observando fenômenos naturais e também manuseando equipamentos. Nesse sentido, por meio do manuseio de objetos de aprendizagem, como games, simuladores e simulações computacionais, os alunos podem desenvolver atividades práticas.

Os procedimentos metodológicos comuns e as linguagens compartilhadas entre as disciplinas Biologia, Física e Química permitem que as competências gerais possam ser desenvolvidas em cada uma das disciplinas. As competências gerais no aprendizado são explicadas a seguir (Brasil, 2002):

- **Representação e comunicação:** o desenvolvimento de códigos deve ser tomado como um aspecto formativo de interesse amplo, a fim de promover uma competência geral de representação e comunicação.

- **Investigação e compreensão:** o conhecimento da investigação científica, que diz respeito aos seus procedimentos e métodos, é algo que precisa ser desenvolvido em cada uma das disciplinas da área.

- **Contextualização sociocultural:** as especialidades de cada disciplina não impedem que elas sejam compreendidas como um todo no contexto sociocultural de uma competência geral, que transcende o domínio específico.

Os PCNEM-CNM também apresentam competências a serem desenvolvidas, especificamente na disciplina de Física, possibilitando aos professores uma indicação adequada de como abordar os temas em sala de aula. Nessa investigação algumas competências são particularmente interessantes, citam-se:

- utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico;
- compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos;
- conhecer e utilizar conceitos físicos;
- construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, avaliar e analisar previsões;

- reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.

Em dezembro de 2018, foi homologada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que prevê um conjunto de aprendizagens essenciais para os alunos. A BNCC trouxe propostas de mudanças para o ensino de Física, muitas notadamente negativas, como a Física Moderna deixar de ser abordada com a mesma profundidade de antes. Propõe ainda que a Física deixe de ser obrigatória no Ensino Médio (Mozena; Ostermann, 2016).

Nos últimos anos, percebe-se a diminuição da carga horária disponibilizada para a Física. A Lei nº13.415, de 16 de fevereiro de 2017, que alterou significativamente a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, propõe essa redução, e a BNCC contribui nesse sentido, ao desobrigar que os conteúdos da Física façam parte do currículo.

Acrescenta-se que a BNCC orienta que as escolas disponibilizem itinerários formativos de acordo com a relevância social e local onde se encontram. Como a realidade brasileira impõe que o estudante frequente a escola mais próxima de sua residência, muitas vezes escolhe-se o itinerário disponível e, se esse itinerário não contemplar os conteúdos de Física, o aluno não terá acesso a esses conhecimentos (Libâneo, 2020).

Neste contexto, destaca-se que os softwares educacionais possibilitam o aumento da carga horária virtual da Física, permitindo que os alunos que não possam acessar os conteúdos nas escolas, acessem em outros locais.

2.5 AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E O ENSINO DE FÍSICA

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) fazem parte do cotidiano dos alunos, seja em casa, no trabalho ou na escola. Segundo Seymour Papert, um dos pioneiros no uso da informática na educação, o estudante deve ser incentivado a construir o seu próprio conhecimento com o auxílio de alguma ferramenta digital, por exemplo: computadores, *tablets*, *smartphones*, entre outros dispositivos (Morais, 2017).

A partir do movimento de uso da informática na educação, as TDICs difundiram-se, e, com o aumento de usuários da internet, passaram a ser uma realidade em muitas escolas. Segundo Nascimento (2017):

Com o acesso à internet cada vez mais fácil, houve um grande salto no sentido da utilização das TDICs no processo de ensino aprendizagem. Atualmente, ainda que de uma forma singela, as TDICs estão presentes na maioria das escolas (Nascimento, 2017, p. 72).

Atualmente, são encontradas duas gerações na sala de aula. A geração dos docentes que cresceu com o desenvolvimento das tecnologias digitais e a geração dos estudantes que já nasceu em um período de tecnologia diversificada e conectada. Apesar dessa realidade, é importante destacar que o professor deve ser um mediador entre as novas tecnologias digitais e o aluno (Nogueira *et al.*, 2013).

A utilização das tecnologias digitais como ferramenta de ensino não deve se resumir apenas à presença dos dispositivos no ambiente escolar, seu uso para fins educacionais deve ser incentivado. Para tanto, o intermédio do professor é fundamental para que os alunos sejam direcionados ou motivados a utilizar as facilidades proporcionadas pela tecnologia para ampliar seus conhecimentos, aproveitando principalmente a facilidade ao acesso às informações (Nogueira, 2013, p.133).

Dessa forma, o ideal é que o docente tenha condições de criar o hábito de utilizar as TDICs em sala de aula. Assim, tanto o estudante quanto o docente podem agir de forma mais natural com tais ferramentas. Segundo Borba e Penteado (2016):

O acesso às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação deve ser visto como um direito e, portanto, nas escolas públicas e particulares, o estudante deve poder usufruir de uma educação que no momento atual inclua, no mínimo, uma alfabetização tecnológica. Tal alfabetização deve ser vista não como um curso de informática. Assim, o computador e outros dispositivos devem estar inseridos em atividades essenciais, tais como aprender a ler, escrever, compreender textos, entender gráficos, contar, desenvolver noções espaciais, etc (Borba; Penteado, 2016, p. 57).

Ademais, a utilização de tecnologias digitais no ambiente escolar pode tornar as aulas motivadoras, possibilitando maior interação do aprendiz com o objeto de estudo e maior participação na construção do conhecimento (Souza; Nazaré, 2012).

Além disso, o uso desses novos métodos de ensino pode proporcionar uma aprendizagem horizontalizada, na qual o educando pode interagir facilmente com seus colegas, ao invés do ensino verticalizado, no qual o professor é o centro da informação (Fiolhais; Trindade, 2013).

Ressalta-se que para colaborar como aprendizado dos educandos, o professor deve utilizar outras ferramentas além do livro, pois, quando esse material didático é utilizado sozinho, não consegue suprir as necessidades pedagógicas. Faz-se necessário o uso de outros métodos de ensino simultaneamente (Brasil, 2002).

Uma forma de se tentar alcançar a autonomia intelectual é justamente não se prender a um modelo fechado, mas sim buscar alternativas que contribuam para esse processo, inclusive diversificar as fontes de recurso para o ensino. É necessário desenvolver práticas experimentais indispensáveis para a construção da competência investigativa. E o **uso dos produtos das novas tecnologias é imprescindível**, quando se pensa num ensino de qualidade e eficiente para todos (Brasil, 2002, p. 56-57, grifo do nosso).

As tecnologias digitais também podem facilitar o aprendizado de conteúdos de Física. Por exemplo, ao ilustrarem conceitos físicos por meio de uma sequência de imagens, podem representar os fenômenos de maneira dinâmica, ao invés da forma estática que aparecem em livros didáticos. Muitas vezes exigindo longas descrições e complexas abstrações para serem entendidos (Welang; Schneider; Silveira, 2008).

As TDICs podem ampliar a interação entre estudante-conhecimento-professor. Cita-se que a utilização de simulações computacionais pode servir de estímulo para os alunos em atividades presenciais e, especialmente, à distância. Com isso, é possível aumentar virtualmente a carga horária de Física, causando uma extensão da sala de aula (Souza, 2013).

Outras tecnologias digitais de informação e comunicação também mostram-se favoráveis ao processo de ensino aprendizagem de Física, como citam Pires e Velt (2016).

Notamos, nas contribuições dos estudantes em Fóruns de Discussão, que 67% se envolveram na utilização de plataformas de ensino à distância e 82% expressaram serem favoráveis a esta proposta de aprendizagem de Física. Estes resultados sugerem que se consegue motivar os estudantes, o que é essencial segundo Ausubel e Novak para atingir uma aprendizagem significativa. Os Fóruns de Discussão propiciaram verificar particularmente se “o significado do material que o estudante capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o estudante (Pires; Velt, 2016, p.15).

Entretanto, apesar dos esforços realizados no sentido da utilização das tecnologias digitais em sala de aula, as TDICs ainda são usadas esporadicamente. A UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) tem buscado difundir a importância do uso dessas tecnologias na educação e alerta sobre a necessidade de aperfeiçoamento dos docentes. A organização enfatiza que o Brasil precisa melhorar a competência dos professores para usar as TDICs na educação. Além disso, afirma que a forma como o sistema educacional incorpora as TDICs afeta diretamente a diminuição da exclusão digital existente no país (UNESCO, 2016).

Importante frisar que a constante melhoria nas condições de trabalho dos professores, os investimentos e o incentivo na capacitação no uso de novas tecnologias digitais em sala de aula são condições necessárias para que se possa minimizar o confronto entre professor-aluno, permitindo ao professor interagir com os estudantes falando a mesma linguagem (Nascimento, 2017).

2.6 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Inicialmente, torna-se necessário apresentar alguns conceitos de Objeto de Aprendizagem (OA), o que possibilitará verificar que as Simulações Computacionais são um tipo de OA, pois, muitas vezes, a literatura trata OA como um material didático digital,

utilizado no contexto educacional, e que possa ser reutilizado pelo aluno. Citam-se, como exemplos, imagens, apresentações em slides, vídeos, simulações computacionais, entre outros.

O *Learning Technology Standards Committee* (LTSC), um comitê de pesquisa do Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas (*Institute of Electrical and Electronic Engineers – IEEE*), instituto fundado nos Estados Unidos em 1884, dedicado à inovação e à excelência tecnológica em benefício da humanidade, tem como uma de suas atribuições desenvolver padrões técnicos, práticas recomendadas e guias para uso da tecnologia na aprendizagem que sejam internacionalmente creditados. Esse comitê definiu um objeto de aprendizagem como qualquer objeto, digital ou não, que possa ser usado durante o aprendizado apoiado pela tecnologia (Braga, 2014).

Outra definição que diversos autores utilizam para referenciar os seus trabalhos é a proposta por Wiley (2010), segundo a qual um OA é qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem. Nota-se que essa definição agrega a expressão “apoiar a aprendizagem” à definição proposta pelo LTSC. Percebe-se que o autor busca enfatizar que deve existir uma intencionalidade no processo de aprendizagem. Ao ressaltar essa importante característica, demonstra assumir uma posição crítica aos materiais virtuais produzidos e nominados de OAs, mas que não colaboram com o aprendizado dos alunos.

Apesar da definição proposta por Wiley trazer uma importante contribuição no sentido de explicar o significado de um OA, restringe o universo de recursos de aprendizagem que podem ser considerados um OA ao estabelecer que o objeto deva ser reutilizável. Nesta pesquisa, será apresentado que a reutilizabilidade é uma característica desejável de um OA, mas não imprescindível.

É importante frisar outra característica de fundamental importância: a possibilidade do aluno utilizar a ferramenta educacional diversas vezes, formulando hipóteses e verificando resultados. Dessa maneira, pode obter um *feedback*, rápido e fácil dos conhecimentos que possui sobre o tema em estudo.

2.6.1 Avaliação das Simulações Computacionais

O crescente interesse em simulações computacionais tem levado à implementação de instrumentos de avaliação que forneçam evidências sobre a eficácia das SCs no processo de ensino-aprendizagem. Há um consenso na comunidade científica sobre a importância da avaliação das SCs, principalmente porque tem sido intensa a produção e a distribuição na internet desses materiais, mesmo que muitas vezes não se saiba sua qualidade pedagógica (Mussoi *et al.*, 2010).

A realização de avaliação sistemática, a partir de formulários a serem preenchidos pelos usuários das SCs, instrumentos de avaliação fundamentados em critérios pré-estabelecidos, possibilita a criação de escalas de avaliação e de verificação de quais SCs podem ser consideradas OAs (Mussoi *et al.*, 2010).

Diante do exposto, buscaram-se alguns instrumentos de avaliação, entre os quais citam-se os internacionais: Learning Technology Standards Committee (IEEE LTSC, 2016); LOEM (Learning Object Evaluation Metric) (Kay; Knaack, 2008); TAM (Technology Acceptance Model) (Masrom, 2007); LORI (Learning Object Review Instrument) (Nesbit *et al.*, 2009); The Instructional Use of Learning Objects (Wiley, 2010) e os nacionais propostos por: Braga *et al.* (2014); Mussoi *et al.* (2010); Dias (2009).

Diversos autores sugeriram a necessidade de padronização dos métodos de avaliação, elencando características desejáveis das simulações computacionais. Essa sugestão de padronização foi encontrada nas publicações supracitadas e em outras, como: Neto *et al.* (2017) e Tarouco *et al.* (2003).

2.6.2 Características das Simulações Computacionais

Serão elencadas características das simulações computacionais que possibilitam a verificação de que podem ser consideradas Objetos de Aprendizagem. Ressalta-se que nem todo OA possui todas as características citadas a seguir:

- Interatividade

Para Silva (1998), interatividade é a característica de uma SC que retrata a possibilidade do aluno intervir na informação recebida. Diferentemente dos métodos tradicionais de ensino, em SCs com alto grau de interatividade, não há separação entre emissor e receptor, permitindo que o aluno seja protagonista na construção de seu conhecimento. Quanto maior o grau de interatividade, maior o envolvimento do aluno com a SC e, por tal motivo, vários autores defendem que esta seja uma das principais características que uma SC deva possuir.

- Concepção da Apresentação

A concepção da apresentação refere-se às informações visuais e sonoras das SCs que podem favorecer o processamento mental e a aprendizagem, devendo ser organizadas de maneira a minimizar a procura visual. Sendo assim, é desejável que imagens, gráficos, diagramas, etc. sejam ordenados e os eventos gravados em vídeo, descritos por narração sonora. A escrita deve ser clara e sem erros e as cores devem ser dispostas de maneira

esteticamente agradável. Além disso, o conteúdo abordado deve ser compatível com o nível de escolaridade do aluno e contextualizado (Nesbit *et al.*, 2009).

Segundo Nesbit *et al.* (2009), algumas falhas de concepção da apresentação podem tornar a simulação computacional inutilizável, não atingindo os objetivos aos quais se destina, citam-se:

- as informações necessárias à utilização da SC encontram-se ilegíveis ou incompletas;
- a baixa qualidade do material disponibilizado (vídeos, fotos, áudios, etc.);
- a escolha das cores, imagens e sons prejudica o entendimento do conteúdo;
- a fonte ou seu tamanho reduz a velocidade de leitura.

- Usabilidade

Segundo Johnson (2011), a usabilidade está relacionada à *interface* da SC. Muito embora os programas estejam cada vez mais complexos, para o aluno apresentam *layouts* simples e que devem ser fáceis de usar, permitindo ao usuário navegar intuitivamente pelo *software*. Sendo assim, essa característica relaciona-se diretamente com a rapidez com a qual o aluno consegue aprender a usar uma SC. Quanto maior o nível de usabilidade, maior será o envolvimento que o aluno irá estabelecer com a SC. Dessa forma, considera-se intuitiva a SC que não necessite de instruções de uso, permitindo o engajamento dos alunos às metas de aprendizado.

- Granularidade

A granularidade é uma característica que mostra a possibilidade da SC ser constituída por partes menores, possibilitando que seja melhor utilizada pelo aluno e combinada a outras SCs, aumentando a possibilidade de reutilização do instrumento pedagógico. Componentes instrucionais grandes, como cursos completos, diminuem a possibilidade de reutilização da SC. Não há um nível de granularidade adequado que indique uma SC ser mais efetiva, mas é importante destacar que quanto mais granular for uma SC, maior será a possibilidade de ser combinada com outro (Wiley, 2010).

- Reusabilidade

A reusabilidade é outra característica importante para uma SC, indica se pode ser acessada e utilizada várias vezes. Além do que, geralmente, uma SC aborda apenas uma parte de um determinado conteúdo didático, dessa maneira apresentando a possibilidade de ser reutilizada, podendo ser utilizada juntamente com outra SC, aumentando a possibilidade de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Ser reutilizável indica ainda a possibilidade de

que o aluno utilize várias vezes a SC, possibilitando que esclareça eventuais dúvidas na aprendizagem do conteúdo (Wiley, 2010).

- Metadados

Os metadados são os dados de cadastro da SC, sendo imprescindíveis para que se possa realizar uma busca eficiente em um repositório. Identificam a SC por área de conhecimento e nível de escolaridade, além do que trazem informações como: título, autores, tema, palavras-chave, licença e propriedade intelectual, entre outras; permitindo a localização no repositório de maneira assertiva, sem que seja necessário navegar por todo o seu conteúdo. Alguns autores sugerem que seja padronizado o número mínimo de informações a serem preenchidas no cadastramento da SC em um repositório (IEEE LTSC, 2016).

- Acessibilidade

A acessibilidade está relacionada com a possibilidade da SC ser acessada de vários locais e por diferentes tipos de dispositivos, como computadores, celulares, *tablets*, etc. As SCs devem estar disponíveis na internet de maneira simples e fácil, podendo ser utilizadas por várias pessoas ao mesmo tempo. Essa característica também confere às SCs a possibilidade de abranger um público muito maior, quando comparados aos programas disponibilizados por meio físico (IEEE LTSC, 2016).

- Interoperabilidade

Segundo Audino e Nascimento (2010), a interoperabilidade refere-se à capacidade da SC ser utilizada em diferentes plataformas, sem que sejam necessárias modificações. Com o avanço da informática, a variedade de hardwares e sistemas operacionais aumentou de maneira significativa e a capacidade de uma SC integrar-se a outros ambientes, passando suas informações, é desejável.

- Durabilidade

A durabilidade indica a possibilidade da SC continuar sendo utilizada, mesmo que ocorram mudanças de tecnologia, sem a necessidade de recodificação do código fonte, por exemplo. Essa característica mostra a possibilidade que uma SC apresenta de ser utilizada por um longo período de tempo, sem que haja necessidade de alterações no programa (IEEE LTSC, 2016).

Quanto mais características a SC apresentar, melhor possibilitará que o aluno se aproprie de informações, reflita e seja ativo em seu processo de aprendizagem. Alguns pesquisadores afirmam que é necessário o aluno interagir com o ambiente de aprendizagem para realizar uma aprendizagem significativa (Braga *et al.* 2014).

2.6.3 Critérios para Avaliação das Simulações Computacionais

Os critérios para avaliação das SCs são obtidos a partir das características descritas no item anterior, apresentados na forma de frase. Importante notar que uma característica pode originar mais de um critério. Esses critérios possibilitam que o usuário identifique quais características a SC apresenta e em qual intensidade, permitindo a criação de formulários e de escalas de avaliação.

Nesta pesquisa, os critérios são apresentados de maneira a possibilitar que os professores avaliem as SCs antes da utilização pelos alunos, possibilitando que sejam selecionadas aquelas que realmente possam contribuir para a aprendizagem. Entretanto, o professor deve estar atento aos resultados obtidos na aplicação das SCs, pois a validação da avaliação de uma SC requer sua efetiva aplicação em sala de aula (Neto *et al.*, 2017).

Na literatura sobre SCs, há diversos instrumentos de avaliação que não investigam se as simulações apresentam situações-problema contextualizadas, assim como não verificam se as SCs incentivam o pensamento crítico dos alunos, aspectos buscados nesta pesquisa. De maneira geral, apresentam a análise de questionários preenchidos pelos alunos após a utilização da SC, como sua principal fonte de dados.

Para confeccionar um instrumento de avaliação mais adequado para os fins desta pesquisa, buscou-se identificar os critérios mais mencionados nos instrumentos de avaliação citados no item 2.4.1. Encontrou-se um número significativo de critérios diferentes e verificou-se que a maioria dos instrumentos utilizam critérios próprios.

Passou-se a selecionar critérios de avaliação que permitam ao professor avaliar a SC antes de sua utilização. Nesse sentido, alguns critérios propostos por Mussoi *et al.* (2010), e que também foram citados em outras publicações, como Braga *et al.* (2014) e Dias (2009), apresentam a vantagem de não estarem inseridos em um processo avaliativo que requeira, *a priori*, a testagem em sala.

O instrumento de avaliação proposto por Mussoi *et al.* (2010) foi fundamentado na análise das características técnicas e pedagógicas apresentadas no item 2.4.2, a partir das quais foi confeccionado um formulário de avaliação. Nele as características foram apresentadas na forma de frases, chamadas de critérios, cada um recebendo uma pontuação que varia de 1 a 5, além de uma opção SO (sem opinião).

O quadro 01 a seguir, formulário de avaliação proposto neste trabalho, mantém a maioria dos critérios pedagógicos elencados na pesquisa apresentada por Mussoi *et al.* (2010). Entretanto, dois apresentam alto grau de subjetividade, o que dificulta atribuição de uma nota,

e foram excluídos. Outros três foram adaptados a partir de critérios do instrumento de avaliação proposto por Braga *et al.* (2014).

Quanto aos critérios técnicos, optou-se por excluir um dos apresentados na pesquisa de Mussoi *et al.* (2010), pois, com a evolução tecnológica dos últimos anos, tornou-se obsoleto. Outros quatro foram adaptados, utilizando-se como referência os instrumentos de avaliação propostos por Dias (2009) e pelo *Learning Object Review Instr* (NESB IT *et al.*, 2009).

Quadro 01: Formulário de Avaliação

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO	
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	
Oferece grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações	SO 1 2 3 4 5 (SO=sem opinião)
Combina adequadamente o uso de textos, imagens e animações.	SO 1 2 3 4 5
Mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.	SO 1 2 3 4 5
Apresentar facilidade de uso possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos .	SO 1 2 3 4 5
Apresentam um conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto.	SO 1 2 3 4 5
Contem uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.	SO 1 2 3 4 5
Apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.	SO 1 2 3 4 5
Pode ser reutilizado total ou parcialmente.	SO 1 2 3 4 5
ASPECTOS TÉCNICOS	
Apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.	SO 1 2 3 4 5
Pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos, e por diversas pessoas simultaneamente.	SO 1 2 3 4 5
Pode ser utilizado em diferentes plataformas , sem a necessidade de modificações.	SO 1 2 3 4 5
Pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.	SO 1 2 3 4 5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a utilização do quadro 01, deve-se analisar a SC, critério a critério, atribuindo-se uma nota (1 a 5) ou SO (sem opinião). Posteriormente, deve-se realizar o somatório das notas obtidas. Será considerado satisfatória a SC que obtiver no mínimo 30 pontos, ou seja, metade da pontuação máxima que a SC pode receber.

2.6.4 Escolha do Repositório de Simulações Computacionais

Para a escolha do repositório de SC, realizou-se uma pesquisa nos repositórios públicos: Portal do Professor¹- MEC e Laboratório Virtual²- USP; nos privados de acesso

¹Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>. Acesso em: 12 nov. 2021.

²Disponível em: <http://www.labvirt.fe.usp.br>. Acesso em: 10 dez. 2021.

gratuito: Escola Digital³ e Inspirare⁴; e nos internacionais: *Physical Education Technology (PhET)*⁵ e *Multimedia Education Resource for Learning and Online Teaching (MERLOT)*⁶.

Importante frisar que nem todos os repositórios apresentam versão em português, o que dificulta a utilização, principalmente nas escolas da rede pública de ensino. Cita-se, como exemplo, o MERLOT, que apresenta apenas a versão em inglês, diferentemente de outros, como o PhET, que, apesar de estar hospedado em plataforma estrangeira, apresenta versão em português.

Entre os repositórios citados, optou-se pelo PhET, da Universidade do Colorado Boulder (EUA) em função de ter se destacado em relação aos demais, principalmente quanto à sua usabilidade, à sua interoperabilidade e à sua interatividade, como será descrito a seguir. De logo, é importante ressaltar que as SCs do PhET podem ser copiadas e compartilhadas, de maneira simples e rápida, sem a necessidade de realização de cadastro ou utilização de senhas, requisitos normalmente exigidos para o acesso em outros repositórios.

Na seleção do repositório mais adequado para os fins desta pesquisa, a primeira questão levantada foi verificar se as simulações nele encontradas apresentam usabilidade, mostrando-se amigáveis, ou seja, permitindo aos alunos um manejo intuitivo, sem conhecimentos prévios além dos que normalmente são necessários para acesso à internet. Esse requisito foi considerado importante porque alguns alunos têm pouca prática na utilização de recursos digitais. A plataforma PhET destacou-se das demais de maneira significativa, apresentando como vantagem adicional poucas etapas intermediárias para acesso às SCs.

Outra questão verificada nos repositórios pesquisados foi a possibilidade de suas simulações apresentarem a possibilidade de serem utilizadas de maneira *off-line*, ou seja, funcionarem em dispositivos que estejam desconectados da internet. As SCs do PhET apresentam alto grau de interoperabilidade, podendo ser acessadas em diferentes ambientes e sistemas operacionais sem a necessidade de modificações e adequações relevantes, funcionando sem que os mesmos estejam conectados à internet.

As simulações do PhET apresentam alto grau de interatividade. Suas SCs permitem que os alunos criem hipóteses e modifiquem as informações que recebem. Apresentam explicações detalhadas sobre como podem ser utilizadas e mostram legendas automáticas,

³Disponível em: <https://rede.escoladigital.org.br/>. Acesso em: 09 dez. 2021.

⁴Disponível em: <http://inspirare.org.br>. Acesso em: 15 nov. 2021.

⁵Disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR. Acesso em: 13 nov. 2021.

⁶Disponível em: <https://www.merlot.org/merlot/index.htm>. Acesso em: 21 nov. 2021.

quando são executadas. Disponibilizam textos que tratam das temáticas abordadas e *links* que possibilitam ao usuário acessar publicações científicas sobre o tema.

As SCs do PhET apresentam um número significativo de variáveis, possibilitando o estímulo ao raciocínio e o estudo autônomo. Os conteúdos são apresentados de maneira contextualizada, possibilitando aos alunos estabelecerem relações com suas vivências cotidianas. Ressalta-se que a contextualização dos conhecimentos ajuda os alunos a torná-los mais significativos, à medida que podem atribuir sentido ao conhecimento que está sendo aprendido.

O código fonte é aberto e gratuito, sendo que sua utilização por milhares de usuários, por mais de uma década, permitiu que a plataforma recebesse contribuições no sentido de melhorar assimulações em seu material de apoio. Além disso, realiza pesquisas que envolvem entrevistas com os usuários, com o principal objetivo de entender como os alunos fazem interações entre os fenômenos da vida real e da ciência, aprimorando constantemente suas SCs (PhET, 2021).

2.7 A TAXONOMIA DE BLOOM

Em 1948, durante a Convenção da Associação Americana de Psicologia, Benjamin S. Bloom (1913-1999) apresentou as bases do que seria, futuramente, um sistema para facilitar a comunicação entre avaliadores, sob uma perspectiva psicológica. A partir de 1956, ano de sua publicação, o sistema concebido para classificar objetivos educacionais passou a ser conhecido como Taxonomia de Bloom (Granello, 2000).

Esta taxonomia apresenta categorias de forma hierarquizada, em que uma categoria de um nível superior abrange a precedente. Dessa maneira, cada categoria oferece suporte para a próxima e para que o aluno atinja um nível cognitivo superior terá que ter adquirido os conhecimentos do anterior (Granello, 2000).

Deve-se observar que Benjamin Bloom não pretendeu classificar metodologias de ensino, modos de relacionamento de professores com alunos ou diferentes tipos de materiais de ensino empregado. Não foi seu interesse classificar um material específico ou conteúdo, mas sim classificar a maneira pela qual os alunos devem agir, pensar ou sentir, como resultado de sua participação em uma dada unidade de ensino (Faria, 2010).

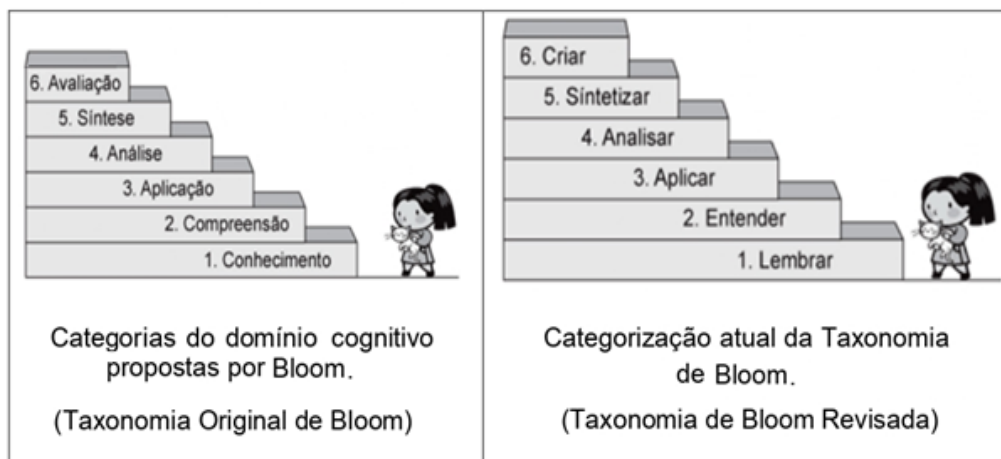
Dessa forma, Bloom e seus colaboradores estavam interessados em desenvolver uma taxonomia específica para avaliar comportamentos dos alunos diante de situações de aprendizagem. Importante notar que essa taxonomia pode ser usada para **verificar para qual nível cognitivo um determinado material pedagógico é adequado**, possibilitando indicar a

eficácia da aprendizagem (Santos, 2015, p. 35, grifo nosso).

A partir de meados dos anos 90 do século XX, alguns especialistas passaram a se reunir para rever a taxonomia originalmente proposta por Bloom. Desde sua publicação, surgiram novos conceitos, tecnologias e teorias, que foram incorporados pela educação, dentre os quais: produções científicas com avanços psicopedagógicos e trabalhos práticos relevantes. Dessa maneira, após uma década de estudos, no início deste século, foi publicada a Taxonomia de Bloom Revisada, incorporando os avanços tecnológicos e as mudanças de estratégias ocorridos no processo de ensino aprendizagem (Krathwohl, 2011).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), os pesquisadores concluíram que a nomenclatura da taxonomia inicialmente proposta por Bloom deveria ser alterada. Cada categoria do processo cognitivo, antes descrita por um substantivo, receberia um verbo que melhor expressaria os aspectos do desenvolvimento cognitivo. A seguir, encontra-se o quadro com a Taxonomia de Bloom e a Taxonomia de Bloom Revisada.

Figura 02: Comparação entre a TOB e a TRB



Fonte: Ferraz e Belhot (2010).

Segundo Krathwohl (2011), na Taxonomia de Bloom Revisada, a base das categorias foi mantida, continuam existindo seis categorias, o nome da taxonomia continua sendo o mesmo (eventualmente pode aparecer com a expressão “revisada” adicionada). Ocorreram mudanças, dentre as quais:

- a categoria Conhecimento foi renomeada para Lembrar; Compreensão para Entender; e Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação, foram alteradas para a forma verbal Aplicar, Analisar, Sintetizar e Criar, por expressarem melhor a ação pretendida e serem condizentes com o que se espera de resultado a determinado estímulo de instrução;

- as categorias avaliação e síntese (avaliar e criar) foram trocadas de lugar.

A seguir, encontra-se um quadro com a descrição das categorias do processo cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada. Nele é apresentado como cada verbo está relacionado ao objetivo educacional esperado.

Figura 03: Taxonomia de Bloom Revisada

1. Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir idéias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.
2. Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o Novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas "próprias palavras".
3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.
4. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes.
5. Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.
6. Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010).

Na nova estrutura proposta, os processos cognitivos foram mais claramente diferenciados, possibilitando um relacionamento mais direto com o que acontece no contexto educacional.

2.7.1 A Taxonomina Digital de Bloom

Devido às inovações trazidas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), a Taxonomia de Bloom Revisada precisou ser adequada aos novos comportamentos dos alunos e oportunidades de aprendizagem. Nesse contexto, em 2009, o neozelandês Andrew Church realizou a publicação da Taxonomia Digital de Bloom (Churches, 2009, p. 30).

Essa nova taxonomia concentra-se na qualidade da ação ou do processo que define o nível cognitivo, de acordo com os recursos digitais. Associa os níveis taxonômicos às ações digitais a serem realizadas em cada nível, a partir do uso de ferramentas tecnológicas. Desta maneira, relaciona o domínio cognitivo discriminado na taxonomia revisada, com os recursos didático-tecnológicos disponibilizados pelas TDICs (Churches, 2009, p. 77).

Por exemplo, o nível lembrar na taxonomia revisada está "[...] relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma

determinada informação e reproduzir esta mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada" (Ferraz; Belhot, 2010, p. 367). Na taxonomia digital de Bloom, Churches (2009) elenca ações digitais ligadas à busca e à troca de informações, como:

- *Marcar favoritos* - os alunos conseguem organizar e marcar os arquivos para que possam utilizá-los futuramente;

- *Participar de redes sociais* - as redes sociais são aplicativos usadas por pessoas e por organizações para que possam se conectar com clientes, familiares, amigos, dos quais compartilham interesses comuns. O aluno que consegue participar das redes sociais, passa a interagir de maneira virtual com seus colegas;

- *Pesquisar virtualmente*- atualmente, as ferramentas de busca fazem parte do cotidiano dos alunos. As pesquisas relacionadas a esse nível cognitivo são buscas simples, normalmente não indo além da palavra-chave a ser pesquisada.

A seguir estão detalhados os níveis cognitivos de aprendizagem segundo a Taxonomia Digital de Bloom, de acordo com as ações digitais esperadas:

- *Lembrar*: Marcar favoritos, participar de redes sociais, realizar buscas simples, e enviar mensagens de texto;

- *Entender*: Realizar pesquisas avançadas, postar em um Blog, classificar categorias e tags, participar de um chat, e comunicar-se via e-mail;

- *Aplicar*: Executar e operar *hardware* e aplicativos de computador, jogar, enviar e compartilhar arquivos;

- *Analisar*: Recombinar, fazer ligações, reunir-se em rede, realizar video conferência.

- *Avaliar*: Postar e refletir comentários em Blog, publicar e colaborar, e trabalhar nas redes sociais, debater;

- *Criar*: Programar, filmar, animar, mesclar conteúdos, publicar, videocasting, podcasting.

A taxonomia Bloom na era digital propõe categorias através da utilização de verbos mais adequados ao planejamento educacional para o contexto digital. Esses verbos promovem uma série de ações cognitivas dentro as categorias principais, sendo construídas com base nas lembranças e compreensões dos conhecimentos para levar os estudantes a usarem e aplicarem habilidades, envolvendo análise e avaliação de processos,consequências e resultados para que elaborem, criem e inovem (Churches, 2009, p. 113).

2.8 A HISTÓRIA DA INÉRCIA

A compreensão das causas e das características do movimento tem evoluído significativamente desde os filósofos gregos da Antiguidade Clássica. Para Aristóteles (384 – 322) a.C., todo movimento deveria ser natural, ou seja, em direção ao repouso, ou forçado, exigindo a ação de uma força externa ao corpo para que ocorra. Em sua obra, afirmava que um corpo em movimento, somente pode se manter em movimento, caso esteja sob a atuação de uma força externa. Em seus estudos, defendia que uma pedra lançada no ar não vai parar em seguida, mas deslocará o ar que está a sua frente e o ar, por sua vez, ocupará o espaço da posição anterior, empurrando a pedra (Aristóteles, 2008).

A palavra Inércia foi utilizada pela primeira vez em estudos na obra *Epitome Astronomiae Copernicanae* (1618) de Johannes Kepler (1571-1630) com o significado de uma tendência natural dos corpos a permanecerem em repouso (Kepler, 1967). O autor citou que os planetas não têm vida, não possuem uma força interna própria que os faria entrar em movimento, nem manter seu deslocamento. Defendeu que todo movimento é forçado e, dessa maneira, não existe movimento natural, como também não existe um lugar natural ou posição privilegiada, como defendido por Aristóteles. Identificou ainda que cada corpo possui uma resistência ao movimento (Tseitlin, 2003).

Um dos discípulos de Kepler, Isaac Beeckman (1588-1637), iria influenciar as ideias de Galilei e Descartes. Pela análise de sua obra, apesar de parecer reconhecer que o repouso e o movimento retilíneo uniforme seriam estados indistinguíveis, realizou a disseminação de ideias defendendo o contrário. Acrescenta-se que Beeckman defendeu que o produto entre a massa de um corpo vezes sua velocidade seria uma medida do movimento, definição adotada posteriormente por Descartes (Hecht, 2017; Jammer, 1999).

Um dos contemporâneos de Kepler, Galileu Galilei (1564-1642), dedicou-se inicialmente ao estudo da queda livre dos corpos. Importante destacar que Galilei não menciona explicitamente inércia em sua obra, inclusive não enunciou nenhuma lei com este nome. Por outro lado, redefiniu os estudos sobre inércia, podendo-se reconhecer em seus trabalhos um princípio de inércia (Hall, 1965). Ao se dedicar ao estudo dos corpos celestes, através da utilização de telescópios, realizou descobertas que contrariavam as ideias de Aristóteles sobre a imutabilidade desses corpos (Galilei, 2010). Em 1613, Galilei descreveu os movimentos circulares como naturais e perfeitos:

[...] os corpos têm uma inclinação natural a algum movimento, os pesados, por exemplo, tendem a descer, e exercem esse movimento por meio de um princípio intrínseco e sem a necessidade de uma força externa específica, desde que não haja resistência [...].E, portanto, com todas as resistências externas removidas, um corpo

pesado em uma superfície esférica concêntrica à Terra será indiferente ao repouso, e o movimento em direção a qualquer parte do horizonte permanecerá no estado em que foi colocado (Galilei, 2010, p. 124).

Dessa maneira, Galilei explicou o deslocamento da Lua em torno da Terra como um movimento natural, sem que houvesse a necessidade de uma força de atração entre ambos. Em síntese, defendeu, erroneamente, uma inércia circular entre tais corpos. Posteriormente, retornou a essa investigação e, no seu livro *Dialogo* (1632), Galilei mostrou seu pensamento sobre a possibilidade de existência de uma inércia horizontal e, em sua última obra, *Discorsi* (1638), procurou defender esta ideia por meio da utilização de experimentos com pêndulos (Galilei, 2010).

Em seus estudos, Galilei (2010) concluiu opinião diferente de Aristóteles, defendendo que os corpos, uma vez em movimento, não têm uma tendência natural de desacelerar e atribuiu essa desaceleração ao atrito. Acrescentou ainda que, na ausência do atrito, o corpo continuaria se deslocando indefinidamente, sem que fosse necessária nenhuma força para mantê-lo em movimento (Galilei, 2010).

Influenciado por Beeckman e Galilei, Descartes (1596-1650) apresentou uma teoria mais completa do movimento com a inércia retilínea, uma consequência de suas convicções metafísicas/teológicas (em vez de experimentos), da qual deduziu a conservação da quantidade de movimento, cuja origem seria um impulso primordial dado por Deus, a fonte de todos os movimentos. De fato, sua primeira formulação dessa lei de conservação apareceu no seu *Le Monde* (~1630) e seu livro *Principles of Philosophy* (1644) certamente influenciou Newton (Descartes, 1982).

Segundo Clarke (1999), Descartes entendia a inércia como sendo uma tendência natural dos corpos, muito embora não a tratasse como uma propriedade da matéria, não aceitava que a inércia fosse tratada como o princípio explicativo de um corpo. Dessa forma, o movimento retilíneo uniforme seria um estado no qual um corpo continuaria se deslocando sem que houvesse a necessidade de atuação de uma força externa.

No livro *Principles*, Parte II, Descartes enunciou três leis sobre o movimento dos corpos que posteriormente seriam reunidas por Newton para formular suas leis (Clarke, 1999). São as seguintes:

Lei 1: Toda matéria permanece sempre, na medida em que pode, no mesmo estado, que nunca é alterado, exceto por causas externas.

Lei 2: Cada parte da matéria, considerada por si mesma, nunca tende a continuar se movendo em linhas curvas, mas apenas de acordo com linhas retas.

Lei 3: Quando um corpo em movimento encontra outro, se ele tem menos força para seguir em linha reta, então ele é desviado, mantendo seu movimento, mudando apenas sua direção. Mas se tem mais força, então move o outro corpo com ele.

Ainda, segundo Clarke (1999), a Lei 1 afirma que todas as coisas permanecem no estado em que estão, até que sejam alteradas por causas externas. O movimento aparentemente entra como um caso especial, algo que é um estado de corpo e, como tal, deve persistir da mesma forma que outros estados de corpo.

Esse princípio é colocado em oposição direta às explicações aristotélicas do movimento. Importante frisar que, na concepção aristotélica de movimento, um corpo em movimento tende a parar. Descartes teve que elaborar explicações sobre o porquê de um projétil continuar em movimento depois de deixar o que lhe dá seu impulso inicial. Sobre o assunto, disse que a experiência cotidiana com projéteis confirma completamente a primeira lei, ao dizer que o projétil continua em movimento até ser desacelerado por corpos que estão no caminho (Clarke, 1999).

A visão aristotélica de que os corpos em movimento tendem ao repouso foi, para Descartes (1982), um absurdo. Descartes (1982) observou que aqueles que excluem o movimento do princípio geral da persistência dos estados sustentavam que os movimentos cessam por sua própria natureza. Mas, para ele, isso era muito contrário às leis da natureza, era contrário ao movimento, e nada poderia, por sua própria natureza, proceder em direção ao seu próprio contrário, ou em direção à sua própria destruição (Descartes, 1982).

Duas coisas são especialmente notáveis na obra de Descartes, primeiro, ver o movimento como um estado do corpo, e que o próprio movimento era um estado e, como tal, persistiria. Em segundo lugar, entender que o movimento era um estado distinto e oposto ao do repouso. Descartes sustentava que movimento e repouso são opostos (Clarke, 1999).

Essa observação, de que o movimento por si só persiste, foi uma das contribuições mais importantes que fundamentaram a nova física do século XVII. Descartes não a inventou, na verdade pode ser encontrada anteriormente na obra de seu mentor Isaac Beeckman e de várias formas em seus contemporâneos Galilei e Gassendi. Posteriormente, suas declarações sobre o movimento foram incorporadas no *Principiade* Isaac Newton, as quais foram consideradas como o princípio da inércia (Clarke, 1999).

Descartes recebe o crédito por ter a primeira declaração publicada da versão correta desse importante princípio e tem esse direito (Descartes, 1982). No entanto, é importante reconhecer que, embora Descartes tenha sido certamente um dos primeiros defensores do princípio, não o fez de maneira clara (Clarke, 1999).

As dificuldades de explicação do conceito de movimento inercial foram superadas com a publicação da obra *Philosophia e naturalis principia mathematica*, de Sir Isaac Newton, publicada em três volumes pela primeira vez em 1687. Nessa obra, valendo-se principalmente das ideias de Descartes, Newton apresentou a “*vis inertiae*”, uma força inerente ao corpo, relacionada à sua massa, que o faz resistir a qualquer mudança no estado de movimento em que se encontra. Introduziu, assim, o conceito de inércia na Física Clássica, eliminando as dicotomias aristotélicas, e, ao mesmo tempo, colocou esse conceito em uma base formal (Newton, 1999).

2.8.1 O Conceito de Inércia

Nos escritos de Newton, o conceito de inércia evoluiu de uma tendência natural do corpo para uma perseverante oposição à mudança no estado de movimento. Em seu livro *De gravitatione*, defende que "a inércia previne que o estado de movimento de um corpo seja facilmente alterado por uma força externa" (Newton, 1962, p. 148).

Normalmente, no estudo de inércia, são exemplificadas situações que os alunos encontram no seu dia a dia. Por exemplo, acidentes automobilísticos nos quais os corpos continuam em movimento apesar do veículo cessar seu deslocamento. Trata-se de uma situação de fácil visualização para os alunos.

Entretanto, muitas vezes, o estudo do Movimento Retilíneo Uniforme requer do professor um maior grau de abstração, pois não é comum para o aluno ver um corpo se deslocar sem a interação de forças. Alguns associam o deslocamento à atuação de uma força, apresentando dificuldade de compreender que um corpo move-se com velocidade constante, mesmo quando nenhuma força esteja atuando.

Nesse sentido, alguns livros didáticos trazem uma abordagem contextualizada, mostrando que um corpo que está se movendo continuará em movimento devido à inércia. Citam-se Halliday *et al.* (2014), na introdução do capítulo sobre o tema Força e Movimento, os autores exemplificam o deslocamento de um disco em um rink de patinação. Nesse exemplo, a velocidade de deslocamento é praticamente constante, devido a pequenas forças atuando no disco. Diferentemente, segundo os autores, se o mesmo disco for arremessado em uma superfície de madeira, sua velocidade irá diminuir até parar, sendo necessário que o disco seja empurrado ou puxado para voltar a se deslocar.

Esse relacionamento entre o movimento e uma força aplicada ao corpo leva muitos alunos a não compreenderem forças, como o atrito, que não provocam movimento. Nesse caso, alguns professores utilizam o exemplo das mesas de suas salas, que estão em repouso.

Mostram aos alunos que ao ser aplicada uma força sobre uma delas, a mesa não entrará em movimento, desde que a força que está sendo aplicada seja menor que o atrito entre a mesa e o chão.

3 METODOLOGIA

A presente Metodologia da Pesquisa refere-se ao caminho metodológico que foi realizado neste estudo, apresentando as seguintes seções: Período da Pesquisa, a Natureza da Pesquisa, o Público Alvo, as Revisões e as Pesquisas Bibliográficas realizadas, os Instrumentos e o Processo de Coleta de Dados.

3.1 PERÍODO DA PESQUISA

A presente pesquisa teve início em março de 2020, coincidindo com a Pandemia de COVID-19. Por esse motivo, o projeto inicial, que previa a aplicação de uma simulação computacional em alunos do Ensino Médio, precisou ser alterado. Nos anos de 2020 e 2021, as escolas permaneceram fechadas por longos períodos. Entretanto, a dilatação do prazo para finalização desta pesquisa, a manutenção do mesmo tema, a adequação do problema à realidade pandêmica e a modificação dos procedimentos de investigação para uma pesquisa bibliográfica contribuíram para que este trabalho se tornasse viável.

3.2 NATUREZA DA PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, pois possui aspectos essenciais que caracterizam as pesquisas qualitativas como: o reconhecimento e a análise de diferentes perspectivas e as reflexões do pesquisador a respeito de suas observações (Flick, 2009). Ademais, essa investigação realizará a análise de elementos não mensuráveis por meios matemáticos (Gil, 2002).

Trata-se ainda de uma pesquisa documental, ao recorrer a fontes diversificadas, tais como documentos oficiais (Gil, 2002); e avaliativa, do ponto de vista epistemológico, por concentrar seu foco na avaliação da qualidade de uma SC para a aprendizagem significativa do conceito físico de movimento inercial (Matida; Camacho, 2004).

3.3 PÚBLICO ALVO

O público-alvo desta pesquisa, a ser alcançado de maneira indireta, são os professores de Física, regentes no 1º ano do Ensino Médio.

Pretende-se apresentar como produto educacional um guia didático que possibilite a aprendizagem significativa do conceito de inércia, com a utilização de uma simulação computacional. A disponibilização do guia didático aos professores possibilitará que seja utilizado em sala de aula.

3.4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa teve início com a realização de uma revisão de literatura, buscando as dificuldades que são encontradas pelos alunos do Ensino Médio no aprendizado do conceito de inércia.

Para selecionar as publicações pertinentes ao tema deste trabalho, utilizaram-se operadores booleanos que determinam a relação entre dois elementos em uma busca. Os termos “Aprendizagem” e “Inércia” foram os que possibilitaram a localização da maior quantidade de publicações relacionadas aos fins a que se destina esta pesquisa. Levando-se em consideração o aspecto qualitativo deste trabalho, o tamanho da amostra não influi nos resultados. Por isso, o número de publicações selecionadas não foi considerado primordial para definição do tamanho da amostra.

Para realizar a pesquisa, foram escolhidas como fontes de publicação as Bibliotecas Digitais relacionadas abaixo, por serem de domínio público e estarem entre as mais utilizadas:

- Periódicos CAPES⁷
- SCIELO Brasil - Scientific Electronic Library Online⁸
- Google Acadêmico Online⁹

Tendo em vista a amplitude de pesquisas que tratavam do assunto, muitas delas relacionadas ao Ensino Superior, fez-se necessária a delimitação do universo da pesquisa. Foram selecionados os trabalhos que atendiam ao critério de inclusão: pesquisas desenvolvidas com alunos do Ensino Médio. Dos 52 artigos encontrados, foram selecionados 10 para fundamentarem o problema de pesquisa dessa investigação.

Posteriormente, optou-se por realizar outra revisão bibliográfica que apontasse uma tecnologia educacional que favorecesse o processo de ensino-aprendizagem significativo de Física.

Para selecionar as publicações relacionadas ao tema, recorreu-se novamente aos sites supracitados e aos seguintes operadores booleanos: “Aprendizagem Significativa” e “Ensino de Física”. Foram selecionados 116 artigos, assim distribuídos: 28, no portal CAPES; 35, no portal Scielo e 53, no Google Acadêmico.

Para a seleção da amostra de interesse deste estudo, composta por 12 artigos, foram utilizados os seguintes critérios:

⁷Disponível em: <httphttps://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2021.

⁸Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 10 dez. 2021.

⁹Disponível em: <https://scholar.google.com.br>. Acesso em: 09 dez. 2021.

- critérios de inclusão: pesquisas desenvolvidas com alunos do Ensino Médio e que utilizaram tecnologias educacionais como recursos de ensino;
- critérios de exclusão: pesquisas que não apresentaram evidências de que a aprendizagem significativa tenha ocorrido e aquelas nas quais os procedimentos apresentados não indicaram que possam ser replicados, obtendo-se resultados similares.

Após a fundamentação do Problema de Pesquisa e a investigação sobre Tecnologias Educacionais mais adequadas para sua solução, passou-se a pesquisar os seguintes temas:

- a Base Nacional Comum Curricular: verificando-se quais inovações implementou no Ensino Médio;
- os Parâmetros Curriculares Nacionais: verificando-se quais competências as tecnologias educacionais devem auxiliar o aluno adquirir;
- as orientações curriculares sobre o uso das TDICs no Ensino Médio. Essa etapa da pesquisa foi dedicada a selecionar os documentos que regulam e orientam a educação básica, desde as mudanças ocorridas no processo educacional na década de 90. Buscou-se verificar os períodos nos quais estiveram vigentes, assim como identificar os que ainda encontram-se válidos. Priorizaram-se documentos que guardassem relação direta com o tema desta pesquisa;
- a informática na educação: buscando-se entender o processo histórico de inserção dessa tecnologia em sala de aula e quais as políticas governamentais possibilitam que os meios computacionais sejam disponibilizados a um número cada vez maior de alunos e professores;
- o Princípio da Inércia: buscando-se entender o processo histórico de evolução do conceito, desde Aristóteles a Newton, passando por Descartes. Assim como, compreender porque muitos alunos têm dificuldades de abandonar o conceito aristotélico de movimento, associando-o sempre à atuação de uma força de contato;
- Simulação Computacional: buscou-se selecionar publicações que melhor definissem esse recurso de ensino, assim como quais são as suas características desejáveis, onde podem ser encontrada (repositórios), e quais os critérios mais indicados para que seja avaliada;
- Taxonomia de Bloom: verificação para qual nível cognitivo a simulação computacional é adequada

Quadro 02: Pesquisas Bibliográficas



Fonte:Elaborado pelo autor.

Esse quadro/resumo traz as pesquisas bibliográficas realizadas neste trabalho, indicando como foi feito o percurso dessa investigação, desde o problema de pesquisa à identificação do nível cognitivo para o qual a simulação computacional é adequada.

4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1 SELEÇÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Na pesquisa bibliográfica realizada, foi possível entender as dificuldades de muitos alunos na compreensão do conceito de inércia, principalmente ao associarem uma visão aristotélica ao movimento dos corpos, acreditando que um objeto se desloca somente se houver uma força nele atuando. A pesquisa também possibilitou elencar os critérios técnicos e pedagógicos desejáveis de uma simulação computacional. Passou-se, então, a verificar, nos repositórios relacionados neste trabalho, quais simulações se adequariam melhor às finalidades dessa investigação, particularmente ao estudo da inércia.

Durante a pesquisa, a busca por simulações foi direcionada para o repositório PhET, pois se destacou entre os demais em critérios, como usabilidade, interoperabilidade e interatividade. Além do que suas simulações podem ser executadas e compartilhadas de maneira simples e rápida, sem a necessidade de realização de cadastro ou utilização de senhas. Ademais, suas simulações apresentam fenômenos do cotidiano dos alunos, relacionados com a ciência, oferecendo conhecimentos científicos sobre os temas abordados. Importante frisar que os dados disponibilizados na plataforma PhET mostram que, nos últimos anos, ocorreram milhares de *downloads* das simulações nas áreas de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, mostrando que a comunidade escolar utiliza essa ferramenta de aprendizagem com regularidade.

De acordo com o tema desta pesquisa, foram selecionadas três simulações adequadas ao estudo do Movimento dos Corpos, em particular da inércia. Uma delas trata de uma pista de skate. A SC permite que o aluno altere características da pista, como altura das rampas. Pode-se ainda introduzir a força de atrito e verificar os efeitos na velocidade de deslocamento do skatista. Em outra, é retratado, na simulação, o movimento de um projétil, em que, por meio de um lançamento parabólico, o aluno consegue prever o caminho do projétil ao alterar as condições iniciais do lançamento.

A terceira simulação selecionada foi a com o título: Força e Movimento. Nela o conceito de força pode ser estudado a partir de problemas que os alunos provavelmente conhecem, facilitando o aprendizado. Suas animações possibilitam o estudo da inércia de maneira mais próxima à realidade, ao apresentar situações frequentemente vivenciadas pelos alunos, como empurrar um veículo.

É importante frisar que embora as 03 (três) simulações selecionadas sejam adequadas ao tema de Movimento, elas apresentam diferenças significativas quanto à adequação para uso como material instrucional do subtema: Inércia.

A SC Força e Movimento oferece a maior interatividade, quando comparada com as outras duas, possibilitando ao aluno interagir com a simulação de maneira a aprender o conteúdo de inércia de maneira significativa.

A SC Pista de Skate destacou-se quanto ao uso adequado de textos, imagens e animações. A concepção da apresentação de seus elementos ocorre de maneira a possibilitar que o aluno aprenda o conteúdo significativamente. Ademais, sua utilização pode ocorrer de maneira intuitiva. Esses dois critérios tornam-na mais indicada para o estudo de inércia que a SC Movimento de Projétil, sendo suplantada apenas pela SC Força e Movimento.

Figura 04: Interface inicial da simulação: Pista de Skate



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Figura 05: Interface inicial da simulação: Movimento de Projétil



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Figura 06: Interface inicial da simulação Forças e Movimento



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

As avaliações, usando os critérios técnicos e pedagógicos apresentados no quadro 01 deste trabalho serão apresentadas a seguir.

4.1.1 Avaliação das Simulações Seleccionadas

Na avaliação das características técnicas e pedagógicas das 03 (três) simulações seleccionadas foi utilizado um instrumento de avaliação similar ao proposto por Mussoi *et al.* (2010), sendo considerada satisfatória a simulação computacional que obtenha, no mínimo, a metade da pontuação máxima exibida no quadro 01, ou seja, 30 pontos.

Embora as SCs tenham apresentado alguns aspectos pedagógicos similares, em outros, notoriamente voltados ao estudo da inércia, mostraram-se distintas, conforme apresentado a seguir.

Interatividade: as SCs seleccionadas, pela quantidade de comandos que apresentam, possibilitam que os alunos participem das atividades propostas, criando hipóteses e comparando os resultados obtidos. Além de receber informações, os alunos conseguem modificá-las, diferentemente dos métodos tradicionais de ensino, nos quais o aluno tem um papel passivo, por exemplo, quando assiste a uma sequência de slides, a um vídeo ou a fotos em uma página da internet. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, esta característica ficou evidenciada pelo critério: oferece um grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações.

Reusabilidade: as SCs selecionadas podem ser utilizadas em diferentes contextos, permitindo que sejam reutilizadas para diferentes aplicações. Essa característica diferencia-as de outras SCs, que são indicadas apenas para os contextos para os quais foram projetadas. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica ficou evidenciada pelo critério: pode ser reutilizado total ou parcialmente.

As outras características, descritas a seguir, muitas vezes, foram observadas em intensidades diferentes. Entretanto, percebeu-se que estavam presentes com maior intensidade nas simulações mais indicadas para o estudo da inércia.

Concepção da Apresentação: nas SCs de Força e Movimento, a Pista de Skate, a combinação de textos, as imagens e as animações favorecem o aprendizado de inércia. Essas simulações possibilitam que o aluno visualize situações-problemas parecidas com as que vivencia no cotidiano, como empurrar um carrinho de supermercado e as manobras de um skatista. A SC Movimento de Projétil não consegue apresentar uma contextualização no mesmo nível das anteriores, exigindo dos alunos maior grau de abstração. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelos critérios: combina adequadamente o uso de textos, de imagens e de animações; e mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.

Usabilidade: as 03 (três) SCs selecionadas tiveram avaliações distintas nos critérios relativos a essa característica. A SC Força e Movimento mostrou-se a mais adequada ao aprendizado de inércia, possibilitando ao aluno manuseio intuitivo do aplicativo, não exigindo acesso às instruções. A SC Pista de Skate, apesar de ter se mostrado de fácil acesso, requer que o aluno entenda as instruções e as demonstrações do aplicativo para que possa utilizar a SC no aprendizado de inércia. Na SC Movimento de Projétil, as instruções e as demonstrações exigem do aluno maior abstração para compreender as situações-problemas sobre inércia do que as duas SCs anteriores. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelos critérios: apresenta facilidade de uso, possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos; apresenta conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto; e contém uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.

Granularidade: as três simulações foram bem avaliadas nessa característica. A SC Força e Movimento destacou-se das outras duas por ser mais adequada ao estudo de inércia. A possibilidade do conteúdo ser apresentado de maneira fracionada facilita o aprendizado à medida que permite ao professor planejar suas aulas de acordo com o aprendizado de seus alunos. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelo critério: apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.

Quanto às características técnicas, as simulações mostraram-se similares e por tal motivo obtiveram as mesmas pontuações no formulários de avaliação. A seguir, será realizada uma descrição das referidas características de acordo com o que as simulações apresentaram.

Metadados: estão padronizados nas simulações, nos quais constam as informações mais relevantes, como o endereço para acessar o PhET, o nome da simulação, a data de criação, a versão de atualização e a equipe responsável pelo projeto. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelo critério: apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.

Acessibilidade: o endereço eletrônico no qual as simulações estão hospedadas traz o nome da SC, direcionando o usuário diretamente para a mesma sem a necessidade de passar por seções anteriores ou mesmo realizar algum cadastro prévio para acesso. Outro ponto importante é que os servidores do PhET contam com uma alta disponibilidade, uma vez que estão hospedados em nuvem. Esses aspectos conferem às SCs do PhET a possibilidade de serem acessadas de maneira simples e fácil. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelo critério: pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos e por diversas pessoas simultaneamente.

Interoperabilidade: as simulações podem ser executadas em computadores com sistemas operacionais Windows, iOS e Linux. Por serem desenvolvidas em HTML5, funcionam muito bem nos sistemas operacionais iOS e Android. Dessa maneira, apresentam alta capacidade de serem utilizadas em ambiente e sistemas operacionais diferentes sem que sejam necessárias modificações e adequações. No formulário de avaliação proposto neste trabalho, essa característica está evidenciada pelo critério: pode ser utilizado em diferentes plataformas, sem a necessidade de modificações.

Durabilidade: como citado, as simulações foram escritas em HTML5, uma linguagem de programação recente e que permite ao usuário acessar programas escritos em linguagens mais antigas. Por tal motivo, apresentam alto índice de reuso, principalmente quando comparadas com simulações escritas em Java e Flash, linguagens que estão em processo de obsolescência. No formulário de avaliação proposto neste trabalho esta característica, essa característica está evidenciada pelo critério: pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.

A seguir, serão apresentados os formulários de avaliação das SCs ônibus selecionadas. Pode-se verificar que, embora as três tenham atingido mais da metade dos pontos, a SC Força e Movimento destacou-se das outras duas. Ressalta-se que isto ocorreu porque é a mais adequada ao subtema inércia. Entretanto, todas podem ser consideradas objetos de aprendizagem.

Quadro 03: Formulário de Avaliação - SC: Pista de Skate

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO (conteúdo de Inércia)	
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	
Oferece grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações fornecidas	SO 1 2 3 4 ⑤ (SO=sem opção)
Combina adequadamente o uso de textos, imagens e animações.	SO 1 2 3 ④ 5
Mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.	SO 1 2 ③ 4 5
Apresentar facilidade de uso possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos .	SO 1 2 3 ④ 5
Apresentam um conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto.	SO 1 2 ③ 4 5
Contem uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.	SO 1 2 ③ 4 5
Apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.	SO 1 2 ③ 4 5
Pode ser reutilizado total ou parcialmente.	SO 1 2 3 4 ⑤
ASPECTOS TÉCNICOS	
Apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos, e por diversas pessoas simultaneamente.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em diferentes plataformas , sem a necessidade de modificações.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.	SO 1 2 3 4 ⑤

Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação Pista de Skate é mais apropriada ao tema: Energia. Entretanto, pode ser utilizada na abordagem sobre inércia, mas o professor deverá complementar as ilustrações no sentido que os alunos possam compreender melhor o conceito. Pode-se, por exemplo, levar um skate para a sala de aula e mostrar aos alunos algumas ilustrações apresentadas na simulação, fazendo-se a relação dessas ilustrações com o conceito de inércia. O somatório das notas foi

50 pontos, mostrando que a simulação, apesar de ser mais indicada a outro tema, pode ser utilizada como material pedagógico no ensino de inércia.

Quadro 04: Formulário de Avaliação - SC: Movimento de Projétil

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO (conteúdo de Inércia)	
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	
Oferece grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações fornecidas	SO 1 2 3 4 ⑤ (SO=sem opção)
Combina adequadamente o uso de textos, imagens e animações.	SO 1 2 ③ 4 5
Mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.	SO 1 ② 3 4 5
Apresentar facilidade de uso possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos .	SO 1 2 ③ 4 5
Apresentam um conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto.	SO 1 ② 3 4 5
Contem uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.	SO 1 ② 3 4 5
Apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.	SO 1 2 ③ 4 5
Pode ser reutilizado total ou parcialmente.	SO 1 2 3 4 ⑤
ASPECTOS TÉCNICOS	
Apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos, e por diversas pessoas simultaneamente.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em diferentes plataformas , sem a necessidade de modificações.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.	SO 1 2 3 4 ⑤

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar da simulação Movimento de Projétil tratar do tema de Movimento, é direcionada ao movimento acelerado, podendo ser utilizada no estudo do movimento uniforme e inércia, desde que algumas adaptações sejam realizadas pelo professor.

Nessa simulação, o professor precisará de maior grau de abstração de seus alunos. A velocidade vertical do projétil diminui inicialmente e depois aumenta. No caso da velocidade horizontal, pode-se considerar constante, desde que sejam desconsideradas forças, como a

resistência do ar. Dessa forma, convém, para o ensino de inércia, que sejam trazidos para a sala de aula exemplos relacionados com a velocidade horizontal do projétil.

O somatório das notas obtidas foi 50 pontos, mostrando que a simulação, apesar de ser mais indicada para outro tema, pode ser utilizada como material pedagógico no ensino de inércia.

Quadro 05: Formulário de Avaliação - SC: Força e Movimento

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO (conteúdo de Inércia)	
ASPECTOS PEDAGÓGICOS	
Oferece grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações fornecidas	SO 1 2 3 4 ⑤ (SO=sem opção)
Combina adequadamente o uso de textos, imagens e animações.	SO 1 2 3 ④ 5
Mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.	SO 1 2 3 ④ 5
Apresentar facilidade de uso possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos .	SO 1 2 3 4 ⑤
Apresentam um conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto.	SO 1 2 3 ④ 5
Contem uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.	SO 1 2 3 ④ 5
Apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.	SO 1 2 3 ④ 5
Pode ser reutilizado total ou parcialmente.	SO 1 2 3 4 ⑤
ASPECTOS TÉCNICOS	
Apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos, e por diversas pessoas simultaneamente.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em diferentes plataformas , sem a necessidade de modificações.	SO 1 2 3 4 ⑤
Pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.	SO 1 2 3 4 ⑤

Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação Força e Movimento mostrou-se a mais indicada ao estudo da inércia. Atingiu o somatório de 55 pontos no formulário de avaliação, além de não exigir que o professor precise de material complementar para o estudo do tema.

A seguir, será apresentado o quadro no qual pode-se verificar a pontuação de cada simulador, em cada critério pedagógico ou técnico.

Tabela 01:Tabela Comparativa de Avaliações

	Simulação 1 Pista de skate	Simulação 2 Movimento de Projétil	Simulação 3 Força e Movimento
Aspectos Pedagógicos			
1	5	5	5
2	4	3	4
3	3	2	4
4	4	3	5
5	3	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	5	5	5
Aspectos Técnicos	Simulação 1 Pista de Skate	Simulação 2 Movimento de Projétil	Simulação 3 Força e Movimento
9	5	5	5
10	5	5	5
11	5	5	5
12	5	5	5
Total de pontos	50	45	55

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda

- 1: Oferece grau de interatividade alto para o aluno, permitindo que modifique as informações.
- 2: Combina adequadamente o uso de textos, imagens e animações.
- 3: Mostra instruções claras, de fácil leitura, durante toda a atividade.
- 4: Apresenta facilidade de uso, possibilitando o acesso intuitivo por parte dos alunos.
- 5: Apresenta conteúdo contextualizado e coerente com os objetivos pedagógicos específicos da área e nível de ensino proposto.
- 6: Contém uma linguagem adequada ao nível de ensino proposto.
- 7: Apresenta uma carga de conteúdo didaticamente adequada para o tempo previsto.
- 8: Pode ser reutilizado total ou parcialmente.

- 9: Apresenta dados cadastrais que possam facilitar sua busca no repositório.
- 10: Pode ser acessado de diferentes locais e dispositivos e por diversas pessoas simultaneamente.
- 11: Pode ser utilizado em diferentes plataformas sem a necessidade de modificações.
- 12: Pode ser utilizado em sistemas operacionais antigos e novos.

Pela análise da tabela 01, constata-se que a simulação mais adequada ao ensino de inércia é a Força e Movimento, que atingiu o somatório de 55 pontos. Seguida pela simulação Pista de Skate, com 50 pontos e Movimento de Projétil, com 45 pontos.

4.1.2 Adequação da SC aos PCNEM

A Educação Brasileira encontra-se em um ponto de inflexão em sua curva de desenvolvimento, na medida em que os PCNEM, antiga proposta curricular para a educação básica, foram substituídos pela BNCC que, apesar de ter sido homologada, ainda não foi completamente implantada e já existe um movimento de várias organizações sociais e acadêmicas para a sua imediata revogação (Ferreira *et al.*, 2020). Desse modo, a formação dos cidadãos no Ensino Médio ainda necessita de um rumo bem estabelecido. Sendo assim, vamos considerar as competências de aprendizagem apresentadas nos PCNEM.

Ao possibilitar que o aluno interaja com dados e informações relevantes em situações-problema, a simulação atende à competência prevista no PCNEM para ensino de Física: Investigação e Compreensão. Destaca-se que, ao utilizar a simulação, o aluno consegue visualizar que, para a existência de movimento, não é necessária uma força atuando no objeto, permitindo que entendam o conceito de inércia.

A simulação possibilita ainda que o aluno interprete tabelas, gráficos e diagramas, levando-o a desenvolver outra competência: Representação e Comunicação, pois além da interpretação pode ser levado a interagir com seus colegas sobre as conclusões obtidas. Dessa maneira, ao interpretar e discutir sobre gráficos de variação de velocidade e força, por exemplo, pode ser motivado a contextualizar fenômenos que vivencia.

Além das competências gerais supracitadas, a SC de Força e Movimento atende competências específicas para o ensino de Física. Ao possibilitar que os alunos identifiquem e resolvam problemas que fazem parte de seu cotidiano, como empurrar uma caixa, estimula a observação de fenômenos físicos ligados ao estudo de movimento. O conhecimento da Física “em si mesmo” não basta para que o aluno compreenda o mundo que o cerca, mas deve ser entendido, sobretudo como um meio, um instrumento para essa compreensão.

Importante ressaltar que a Física tem uma maneira particular de representar o mundo, descrevendo o real à medida que busca regularidades, conceitos e quantificação de grandezas. A simulação Força e Movimento possibilita a abordagem do tema a partir de situações

práticas, permitindo o abandono de uma concepção matematizada, usualmente praticada no tratamento da Dinâmica.

4.1.3 SC e Taxonomia Digital de Bloom

Para verificação dos níveis de desenvolvimento cognitivo para os quais a simulação Força e Movimento é adequada utilizou-se como referência a Taxonomia Digital de Bloom. Desta maneira, para cada objetivo de aprendizagem disponibilizado na plataforma PhET foi atribuído um determinado nível cognitivo, conforme quadro 06 a seguir.

Quadro 06: Objetivos de Aprendizagem e Níveis Cognitivos

Objetivos de Aprendizagem	Níveis Cognitivos
Identificar quando as forças são equilibradas vs desequilibrados.	Aplicar
Determinar a soma de forças (força resultante) em um objeto com mais de uma força sobre ele.	Aplicar
Prever o movimento de um objeto com força resultante zero.	Aplicar
Prever o sentido do movimento dada uma combinação de forças	Aplicar

Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro 06 foi montado após a análise da simulação e da verificação que pode ser usada pelos alunos para a resolução de situações problemas novas, indicando ser adequada ao nível cognitivo: Aplicar. Além do que, pela Taxonomia Digital de Blomm, quando os alunos conseguem executar e operar aplicativos, estão desenvolvendo habilidades desse nível.

5 PRODUTO: O GUIA DIDÁTICO

O Guia Didático apresentado neste trabalho foi o produto educacional desenvolvido com o objetivo de auxiliar professores no ensino dos conceitos básicos de dinâmica, particularmente de inércia.

Trata-se de um recurso educacional fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa e traz informações sobre como selecionar uma simulação computacional (SC) que favoreça o aprendizado significativo dos alunos do Ensino Médio. Contém o passo a passo para que o docente possa selecionar um repositório de SCs e uma SC adequada ao conteúdo que pretende lecionar. Assim como exemplifica a utilização de uma SC no ensino de inércia.

A seleção da SC foi direcionada para aquelas que possibilitassem aos alunos melhor compreensão do conceito de inércia, pois muitos têm dificuldades de entender esse fenômeno físico. Foram elencados critérios técnicos e pedagógicos necessários para que uma SC seja considerada um Objeto de Aprendizagem (OA) e pesquisou-se qual o repositório de SCs seria mais adequado para o tema proposto neste trabalho.

Este Guia Didático apresenta um formulário que possibilita ao professor avaliar a simulação, antes de utilizá-la em sala de aula, pois é uma ferramenta que permite verificar se a SC é adequada ao estudo do tema a ser proposto aos alunos.

5.1. CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE INÉRCIA

Percebe-se que os estudantes desenvolvem diversas concepções prévias relacionadas ao conceito de inércia. Essas concepções são convicções, firmemente enraizadas em suas observações cotidianas. Muitas delas não apresentam fundamentação científica e dificultam a compreensão do fenômeno.

Para colaborar com o trabalho dos professores, elencam-se concepções prévias de estudantes identificadas por alguns pesquisadores brasileiros, a saber: Pacca (1991); Valadares (1995); Monteiro (2014); Santos (2016); Santos *et al* (2018); Neves e Savi (2000). Cabe ressaltar o caráter comum das concepções prévias de pessoas que pertencem à mesma cultura. Assim, provavelmente, outros estudantes brasileiros, em outras cidades, desenvolvem concepções prévias muito semelhantes a estas encontradas pelos pesquisadores:

- i) necessidade da atuação de uma força para que um corpo esteja em movimento;
- ii) necessidade de uma força constante para que um corpo esteja em velocidade constante;

iii) o valor da velocidade de um corpo ser proporcional à intensidade da força que nele esteja atuando;

iv) na ausência de forças atuando em um corpo, ele estará em repouso ou tende a parar;

v) um corpo que estava em movimento e parou, fê-lo porque armazenou a força que nele estava atuando.

Essas concepções prévias dos alunos muitas vezes dificultam a construção do conhecimento, podendo ter influência direta no processo de ensino aprendizagem dos estudantes, reduzindo o rendimento escolar.

É de suma importância para os docentes conhecer as concepções e as dificuldades de seus educandos, para que consigam mediar o processo de reconstrução do conhecimento pelos alunose orientá-los na aprendizagem significativa da perspectiva científica aceita atualmente.

5.2 APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO

Nesta seção, será realizada uma sugestão de como utilizar a SC em sala de aula com o objetivo de motivar professores do Ensino Médio a aplicarem a simulação computacional selecionada. Por meio de atividades relacionadas ao ensino de dinâmica, em especial inércia, pretende-se que a SC possa auxiliar os alunos na aprendizagem significativa desse assunto.

A proposta de aplicação é fundamentada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov (2014), sendo dividida em: **Problematização inicial**, **Organização do conhecimento** e **Aplicação do conhecimento**.

Para Delizoicov (2014), a Problematização inicial é a etapa na qual o professor deve despertar a curiosidade dos estudantes, utilizando questões ligadas ao seu cotidiano; a Organização do conhecimento é a fase na qual é formulado o problema físico-matemático e os conceitos científicos são explicados; a Aplicação do conhecimento é o momento em que é observado se o estudante apropriou-se do conhecimento, por meio da solução de problemas.

5.3 ATIVIDADES

5.3.1 Problematização inicial

Em uma primeira abordagem, durante **uma aula (45 min)**, pode-se questionar sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre Dinâmica e levá-los a refletir sobre o conhecimento científico que será apresentado. Buscando motivar os alunos ao estudo do tema, pode-se apresentar vídeos disponíveis na internet sobre o assunto e realizar um debate em sala de aula.

Vídeos mostrando acidentes de trânsito, nos quais os ocupantes dos veículos não estavam utilizando cinto de segurança, podem atrair a atenção dos alunos, pois muitas vezes apresentam situações vivenciadas em seus cotidianos. O material instrucional também pode ser utilizado como organizador prévio (Moreira, 2016) referente ao ensino de força e inércia. Citam-se como exemplos os vídeos:

- Acidente de Carro (Ferreira, 2006). Disponível em:

www.youtube.com/watch?v=f3FEw8k0mE4&feature=player_embedded

- Acidente com ônibus escolar (Muthukrishna, 2006). Disponível em:

www.youtube.com/watch?v=P5OoWQaWeRs

Após os vídeos, pode-se realizar um debate sobre o tema, com questionamentos como os que seguem:

- Quais fatores fazem que um corpo, estando em repouso, inicie o movimento?

- Quais fatores fazem com que um corpo em movimento, continue se deslocando?

- Quais fatores fazem com que um corpo, que esteja em movimento, pare?

Importante relacionar esses questionamentos com as situações de acidentes mostrados nos vídeos, promovendo uma reflexão sobre o movimento dos corpos das pessoas em confronto com o que ocorre com o carro. Deve-se discutir o tema com estudantes, levando-os a terem dúvidas ao confrontarem suas ideias prévias com o conhecimento científico. Deve-se ainda demonstrar que as situações apresentadas nos vídeos estão relacionadas à ação de diferentes forças que atuam sobre os corpos.

5.3.2 Organização do Conhecimento

Nesta etapa, a ser desenvolvida em **uma aula (45 min)**, deve-se levar o aluno a refletir sobre o conceito de inércia como uma tendência natural de um objeto a permanecer no estado de movimento que se encontra, desde que nenhuma força seja aplicada nele ou a resultante de forças que sejam aplicadas seja igual a zero.

Deve-se buscar que o estudante reflita sobre as ideias prévias que tem do tema e o conhecimento científico que gradativamente é apresentado. Propõe-se que o professor utilize simulações para mostrar aos alunos as concepções sobre o tema, dialogando e debatendo o assunto.

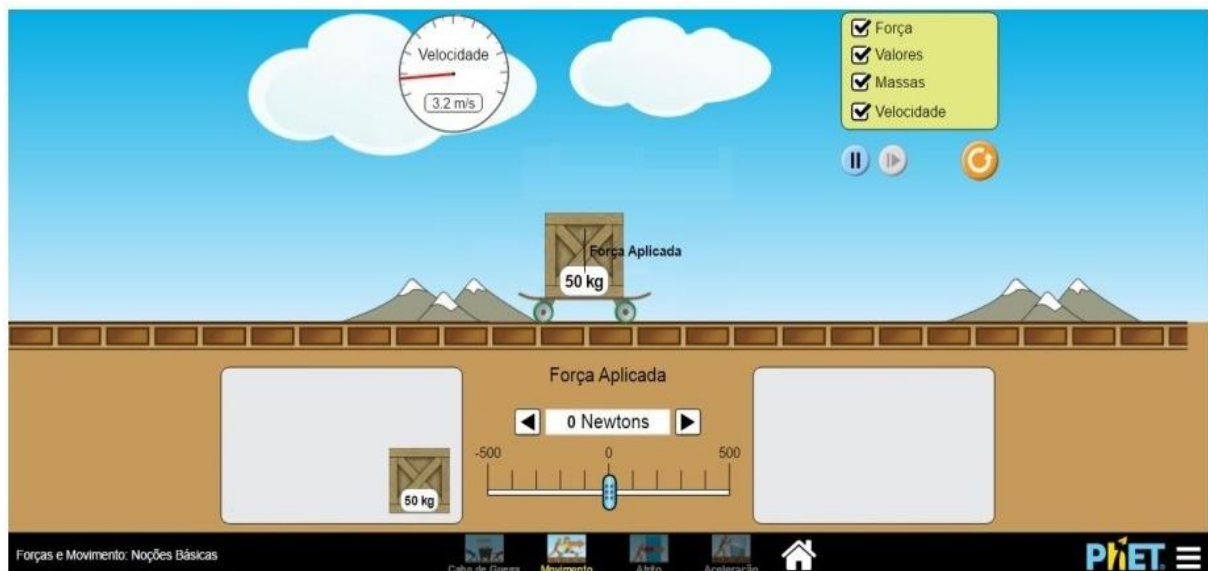
Pode-se utilizar uma das simulações computacionais disponibilizadas na plataforma PhET, https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/forces-and-motion-basics, e por meio de uma simplificação do primeiro princípio da dinâmica, ao se desconsiderar a força de atrito,

pode-se mostrar que um conjunto formado por uma caixa sobre um Skate, uma vez colocado em movimento, permanecerá em movimento.

A figura 07 a seguir é um recorte da tela do PhET, em que se pode selecionar, na parte superior direita: força, valores, massas e velocidade. Logo após, com o *mouse*, pode-se mover o botão azul localizado na parte inferior, ao centro, botão que faz aumentar a força aplicada na caixa, até que atinja 40N. Uma vez atingido esse módulo, a força não deverá ser aumentada, permanecendo constante até que a velocidade do conjunto atinja 3,2 m/s.

Após o conjunto atingir esta velocidade, o botão azul deve ser liberado e, automaticamente, a força deixará de ser aplicada, sendo seu módulo zerado. A partir desse momento, o conjunto continuará se deslocando com velocidade constante de 3,2m/s. A figura 07 mostra o carrinho com velocidade constante sem a aplicação de força.

Figura 07: Velocidade constante: 3,2m/s



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Como variação da atividade, pode-se solicitar que seja realizada em duplas. Dessa maneira, um dos alunos poderá manipular a simulação, enquanto o outro, com um cronômetro, pode fazer a medição do tempo necessário para o conjunto atingir 3,2 m/s. De acordo com os dados apresentados, esse tempo deverá ser de aproximadamente 04 segundos.

Na etapa seguinte, **Aplicação do Conhecimento**, pode-se utilizar a simulação computacional como recurso pedagógico para auxiliar os alunos na solução de problemas, alguns deles encontrados em seus cotidianos.

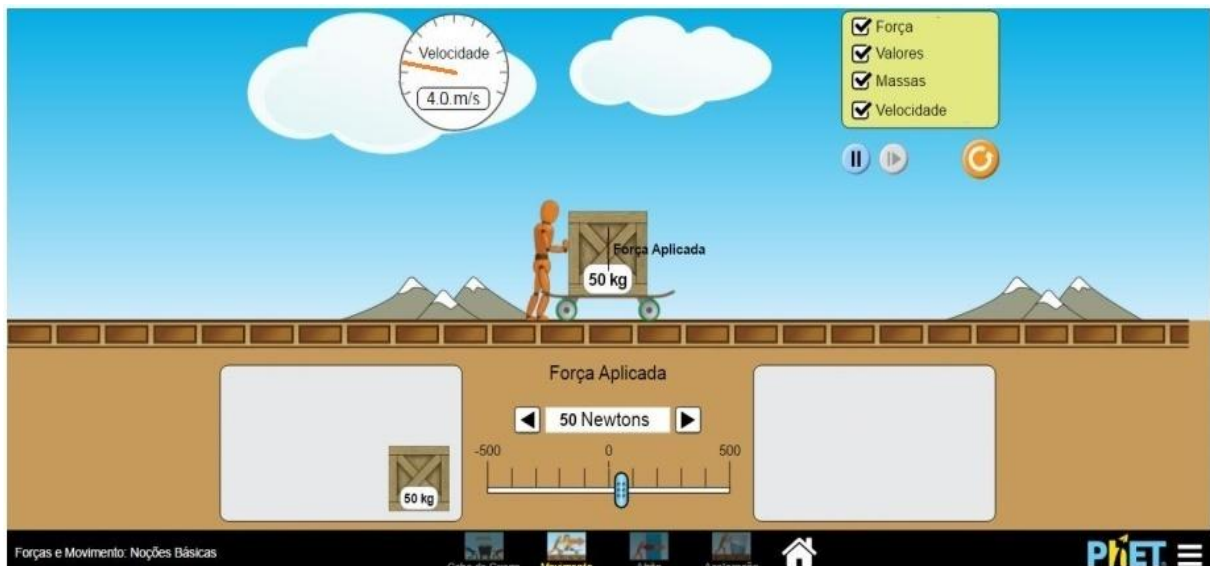
5.3.3 Aplicação do Conhecimento

Nesta etapa, a ser desenvolvida em **duas aulas (1h 30 min)**, deve-se observar se o aluno apropriou-se do conhecimento por meio da resolução de problemas. O professor deve resolver problemas em sala de aula, primeiramente como exemplos de aplicação, com o auxílio de uma simulação computacional.

Por exemplo, pode-se solicitar que os alunos interpretem o problema a seguir, façam a resolução de maneira algébrica, por meio da utilização de fórmulas, e posteriormente utilizem a simulação para a conferência dos resultados e a visualização do movimento. Problema 1: Aplica-se uma força de 50N durante 4 segundos em uma caixa de massa 50 kg sobre um skate. Após esse intervalo de tempo, qual a velocidade da caixa, desconsiderando-se o atrito entre o skate e o piso? Essa velocidade permanecerá constante, caso a força deixe de ser aplicada?

Utilizando-se as fórmulas $F = m \cdot a$ (onde F =Força, m =massa, e a =aceleração) e $V = V_0 + a \cdot t$ (onde V =Velocidade Final, V_0 =Velocidade Inicial, t =intervalo de tempo), chega-se ao resultado de **4m/s** e verifica-se que a velocidade permanecerá constante. Após os cálculos, os alunos devem inserir os dados do problema 1 ($F=50N$, $m=50kg$, $t=5s$) na simulação e encontrar o resultado visualizado na figura 08 a seguir.

Figura 08: Velocidade constante: 4m/s



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Após a realização do primeiro problema, deve-se solicitar aos alunos que realizem outro. Problema 2: Aplica-se uma força de 50N durante 4 segundos em uma caixa de massa 100 kg sobre um skate. Após esse intervalo de tempo, qual a velocidade da caixa,

desconsiderando-se o atrito entre o skate e o piso? Essa velocidade permanecerá constante, caso a força deixe de ser aplicada?

Novamente, utilizando-se as fórmulas $F = m \cdot a$ (onde F =Força, m =massa e a =aceleração) e $V = V_0 + a \cdot t$ (onde V =Velocidade Final, V_0 =Velocidade Inicial, t =intervalo de tempo), chega-se ao resultado de 2m/s e verifica-se que a velocidade permanecerá constante. Após os cálculos, os alunos devem inserir os dados do problema 2 ($F=50\text{N}$, $m=100\text{kg}$, $t=4\text{s}$) na simulação, e encontrar o resultado visualizado na figura 09 a seguir.

Figura 09: Velocidade: 2m/s



Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Deve-se provocar reflexão nos alunos sobre os resultados obtidos e sobre as visualizações apresentadas pela simulação. Em particular, sobre a diminuição da velocidade quando foi aumentada a massa, e a velocidade permanecer constante, após os 4 segundos de atuação da Força.

5.3.4 Sugestão de Avaliações

Na busca por verificar se o aluno compreendeu o tema inércia, podem-se estabelecer comparações entre as situações apresentadas na simulação e as transcritas em uma avaliação. Caso os enunciados das questões possibilitem aos alunos que os questionamentos sejam visualizados nas simulações, poderá ser algo motivador ao aprendizado.

Podem-se ainda realizar mudanças nos exemplos apresentados e discutidos em sala de aula e as questões das avaliações. Cita-se elaborar uma questão com aceleração negativa, como a apresentada a seguir. Uma caixa de 100kg é colocada sobre um skate e aplica-se uma

força negativa de módulo 50N durante 4 segundos. Após esse intervalo de tempo, qual a velocidade da caixa, desconsiderando-se o atrito entre o skate e o piso?

Utilizando-se as fórmulas $F = m \cdot a$ (onde F=Força, m=massa, e a=aceleração) e $V = V_0 + a \cdot t$ (onde V=Velocidade Final, V_0 =Velocidade Inicial, t=intervalo de tempo), chega-se ao resultado de uma velocidade negativa de módulo igual a **2m/s**.

Após a avaliação, pode-se solicitar aos alunos que inseriram os dados (F= - 50N, m=100kg, t=4s) na simulação. Visualizarão que o conjunto (caixa e skate) terá deslocamento da direita para esquerda.

5.3.5 Fenômenos sobre Inércia

Durante as aulas, sugerem-se outros fenômenos que podem ser discutidos com os alunos, com a utilização de simulações computacionais, e que pela experiência de alguns professores de Física são fontes de motivação para o estudo da inércia. Cita-se:

a. A experiência do balde de Newton:

Consiste em girar um balde suspenso por uma corda até a corda ficar bastante torcida e então encher o balde com água e soltá-lo. Nota-se que, enquanto a corda se desenrola, a superfície da água, que de início era plana, vai ficando curva. Isaac Newton descreve a experiência em sua obra *Philosophia e Naturalis Principia Mathematica*.

b. A experiência da moeda:

Consiste em colocar um pedaço de cartolina sobre um copo e uma moeda sobre o pedaço de cartolina. Ao se puxar rapidamente o pedaço de cartolina, a moeda, por inércia, tenderá a continuar parada e cairá dentro do copo.

c. A experiência da máquina de lavar roupa:

As máquinas de lavar, que secam roupas por centrifugação, possuem em seu interior um cilindro metálico cheio de furos. Quando o motor da máquina faz o cilindro girar em alta rotação, a água que está na roupa, por inércia, sai pela tangente através dos furos.

d. A experiência da descida em uma Montanha Russa:

Em um parque de diversões, no brinquedo conhecido como Montanha Russa, pode ocorrer um "frio na barriga" nas descidas que o carrinho realiza. Isto ocorre porque são descidas rápidas e, como os órgãos internos do abdômen estão soltos, tendem a permanecer em repouso, dessa forma comprimindo a parte superior do abdômen.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou identificar algumas Simulações Computacionais submetê-las a uma avaliação que possa favorecer aos alunos do Ensino Médio situações de aprendizagem sobre o conceito de inércia. A pesquisa foi direcionada para a elaboração de um formulário de avaliação de SCs por meio do qual o professor pode selecionar aquela mais adequada ao processo de ensino-aprendizagem. Ressalta-se que o formulário proposto possibilita que o docente selecione a SC antes de aplicá-la em sala de aula, oferecendo uma oportunidade de melhor preparação do conteúdo a ser lecionado.

Nesse sentido, buscou-se contextualizar a pesquisa por meio de uma investigação da evolução do ensino de Física no Brasil. Dessa forma, constatou-se que a Física tornou-se uma disciplina que representa para o estudante, na maior parte das vezes, algo muito difícil de se compreender, muitas vezes baseada na memorização de fórmulas e na aplicação em problemas abstratos, sem conexão com o cotidiano dos alunos.

A utilização de Simulações Computacionais, aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa, pode representar uma possibilidade para modificar a realidade supracitada. Em particular de conceitos, como o de inércia, que trazem consigo elevado grau de abstração, além do que, normalmente, os alunos possuem conhecimentos prévios equivocados, sem fundamentação científica.

Dessa maneira, professores da área de Física que se interessem pelo assunto poderão sentir-se estimulados a promover uma aprendizagem significativa, visto que esta pesquisa apresentou a Teoria de David Ausubel como ferramenta que pode minimizar as dificuldades de aprendizagem geradas por um ensino tradicional, no qual o professor, geralmente, é detentor do conhecimento em detrimento de uma participação ativa dos estudantes em sala de aula.

As simulações apresentadas procuram reduzir as dificuldades relacionadas com a representação dos fenômenos físicos em sala de aula. Espera-se que o tema deste estudo seja relevante para professores, possibilitando que consigam despertar nos alunos o interesse pela compreensão dos conceitos da Física, que, na maioria das vezes, não podem ser demonstrados pelos meios tradicionais de ensino, como o quadro e o giz.

Entretanto, a utilização de métodos alternativos de ensino, por si só, não implica em uma melhora significativa do aprendizado. O professor deve perceber se o método de ensino conseguiu ser ou não eficaz para todos os alunos de uma determinada turma e identificar os possíveis alunos que não foram contemplados.

Vale esclarecer que não houve neste trabalho a pretensão de esgotar o tema em estudo, mas de mostrar a importância de se implementar o uso das simulações computacionais no ensino de Física. Cabe ressaltar ainda que, de acordo com as experiências pedagógicas e as leituras para a realização deste trabalho, pode-se afirmar o quanto é importante e necessária a participação do professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem. Relatos em artigos da amostra afirmam que a prática de memorização pode causar dificuldade no entendimento de conteúdos ministrados. Por isso, considera-se importante estimular a aprendizagem significativa na aplicação de tarefas didáticas, especificamente no ensino de Física, objeto deste estudo, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a fim de se evitar uma aprendizagem de conteúdos sem sentido para os educandos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. I. **A reconstrução da profissionalidade docente no contexto das reformas educacionais - vozes de professores na escola ciclada.** ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, Recife. **Anais**, 2006.
- ALMEIDA, N. C. **Os livros didáticos de matemática para o ensino fundamental e os Temas Contemporâneos Transversais: realidade ou utopia?** Dissertação (Mestrado). Orientador: Moraes, Mara Sueli Simão Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2007.
- ALVES, Priscilla Cabral. **As Possibilidades do Uso das Novas Tecnologias em Sala de Aula**, 2016. Disponível em: <https://portal.fslf.edu.br/wp-content/uploads/2016/12/tcc4-1.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- ANDRADE, P. F. **Projeto EDUCOM: Realizações e Produtos.** Brasília: Ministério da Educação e Organização dos Estados Americanos. 1993.
- ARISTÓTELES. **Physics.** Oxford: University Oxford, 2008.
- AUDINO, Daniel Fagundes; NASCIMENTO, Rosemy da Silva. **Objetos de aprendizagem – diálogo entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação.** Revista Contemporânea de Educação, Rio de Janeiro v. 5, n. 10, jul./dez., 2010. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/1620/1468> . Acesso em: 15 nov. 2021.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva.** Portugal: Paralelo Editora, 2003.
- BARBOSA, Alexandre F. **O uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras.** TIC Educação. 2015. São Paulo: CGI.br, 2015. Disponível em: http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Edu_2015_LIVRO_ELETRONICO.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.
- BARBOSA, Erika F. V. **Políticas Públicas para o Ensino Médio e Juventude Brasileira.** Dissertação de Mestrado. Orientador: Weller, Wivian. Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4238/1/2009_ErickaFernandesVBarbosa.pdf. Acesso em: 20 dez. 2021.
- BNCC. **Apresentação do Documento. Grupo de Trabalho do Sindicato Estadual de Profissionais da Educação,** Rio de Janeiro, 04 fev. 2021. Disponível em: <https://www.seperj.org.br/gt-do-sepe-que-discutiu-a-bncc-apresenta-seu-documento/>. Acesso em: 23 mar. 20.
- BONJORNO, José R. **Física**, v. 1, 2 e 3. São Paulo: FDT, 2013.
- BORBA, M. Carvalho; PENTEADO, M. Godoy. **Informática e Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2016.
- BRAGA, J. Cristina; PIMENTEL, Edson; FRANCO, Lúcia; DOTTA, Silvia. **Objetos de aprendizagem: fundamentos.** Santo André: Editora da UFABC, 2014.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei n. 9.394/1996, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 15 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+)**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2021.

CHURCHES, A. **Bloom's digital taxonomy**. 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/30868755/Andrew_Churches_-_Blooms_Digital_Taxonomy.pdf. Acesso em: 05 out. 2022.

CLARKE, D.M. **Descartes philosophy of science and the scientific revolution**. In: COTTINGHAM, J. (Org.). *The Cambridge Companion to Descartes*. New York: CambridgeUniversityPress, 1999.

COSTA, M. J. N.; RIBEIRO, J. W.; GOES, U. T. T.; LIMA, L.; SILVA, R. D. S. **Desenvolvimento da Aprendizagem Significativa de Eletricidade com auxílio pedagógico de Simulação Computacional de Circuitos de Resistores**. II CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (IICBIE), Anais. 2013. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/2629/2283> Acesso em: 09 mar. 2022.

CURY, C. R. J. **A Educação Básica no Brasil**. Educ. Soc., Campinas, v. 23, n. 80, 168-200, set. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v23n80/12929.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2022.

DELIZOICOV, D.; MUENCHEN, C. **Os três momentos pedagógicos e o contexto da produção do livro "Física"**. Ciência & Educação, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcRtHTb9c/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 05 mar. 2023

DESCARTES, R. **Principles of philosophy**. Dordrecht: Kluwer Acad. Publisher, 1982.

DIAS, C. L. **Padrões abertos: aplicabilidade em Objetos de Aprendizagem (OAs)**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), Anais. Florianópolis, 2009.

DORNELES, P. F.T; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Simulação e Modelagem Computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2016.

FARIA, E. S. J. **Método Trifásico de ensino-aprendizagem baseado na Taxionomia de Objetivos Educacionais de Bloom: uma aplicação no ensino de programações de computadores.** Tese de Doutorado. Orientador: Yamanaka, Keiji Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. **Taxonomia de Bloom:revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais.** Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>. Acesso em: 04 ago. 2022.

FERREIRA, Jeferson. **Acidente de Carro.** Vídeo. 2006. (20s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=f3FEw8k0mE4&feature=player_embedded . Acesso em: 06 ago. 2022.

FERREIRA, M. G.; STRIEDER, D. M.; BENASSI, C. B. P. **O Percurso do Ensino de Física na Educação Básica: Um Olhar Comparativo entre os PCNs e a BNCC.** Revista Arquivo do Mundi.v. 24, n. 3, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55333/751375151294> . Acesso em: 01 jul. 2023

FILHO, O. L. S.; FERREIRA, M.; PEREIRA, E. D. M.; CRUZEIRO, W. S. **A construção do conceito de inércia em uma comunidade investigativa: uma proposta de atividade potencialmente significativa.** Revista do Professor de Física, v. 2,n. 3, 2018.

FIOLHAIS, Carlos. TRINDADE, Jorge. **Física no Computador: o Computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25,n. 3, p. 259-272, set. 2013.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa.**Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia- saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 2019.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GALILEI, G. **Istoria e Dimostrazion intornoalle Macchie Solari.**Chicago: Universityof Chicago Press, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Marquiana F. V. B.; VIEIRA, Solange F. **Potencial Pedagógico dos Jogos Digitais de Simulação no Ensino de Geografia.** XIV ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA. **Anais.** 2020. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA103_ID138729092021093903.pdf. Acessoem: 06 mar. 2022.

GRANELLO, D. H. **Encouraging the cognitive development of supervisees: Using bloom'staxonomy in supervision.** Counselor Education& Supervision, v. 1, n. 40, p. 31, 2000.

HALLIDAY, D; WALKER, J; RESNICK, R. **Fundamentals of Physics,** Wiley: Hoboken, 2014.

- HALL, A. R. **Galileo and the science of motion**. British J. Hist., 1965. v. 2, n. 3, p. 185-199, jun., 1965.
- HECHT, E. **Kepler and the origins of pre-Newtonian mass**. American Journal of Physics. v. 85, n. 2, fev., 2017.
- HEINECK, Renato; VALIATI, Eliane Regina Alemida; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. **Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa**. Revista Iberoamericana de Educación, n. 42, p. 6-10, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/28154264_Software_educativo_no_ensino_de_Fisica_analise_quantitativa_e_qualitativa. Acesso em: 10 nov. 2021.
- HENNESSY, S. **Design of a computer-augmented curriculum for mechanics**. International Journal of Science Education, London, v. 17, n. 1, p. 75-92, jan./feb., 1995.
- IEEE LTSC. **Learning Technology Standards Committee**. 2016. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/>. Acesso em: 12 dez. de 2021.
- JAMMER, M. **Concepts of Force: A Study in the Foundations of Dynamics**. New York: Dover, 1999.
- JIMÉNEZ, P. M.; ÁLVAREZ, J. L.; PEDRAJAS, A. P. **Simulación mediante ordenador de movimientos bidimensionales en medios resistentes**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 12, n. 1, p. 30-38, 1994.
- JOHNSON, Steven. **Cultura da interface: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2011.
- KAY, R.H.; KNAACK, L. **The learning object evaluation metric (LOEM)**. Australasian Journal of Education Technology. v. 24, n. 5, p. 574-591, 2008.
- KEPLER, J. **Kepler's somnium: the dream, or posthumous work on lunar astronomy**. Madison: University of Wisconsin Press, 1967.
- KOYRÉ, Alexandre. **História do Pensamento Científico**. Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária, 1991.
- KRATHWOHL, K. R. A. **Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing**. New York: Longman, 2011.
- LIBÂNEO, J. C. **Tendências pedagógicas na prática escolar**. São Paulo: Loyola, 2020.
- MARTINS, Sabrina O.; SERRÃO, Caio Renan G.; SILVA, Maria Dulcimar B. S.; REIS, André S. **O Uso de Simuladores Virtuais na Educação Básica: Uma Estratégia para facilitar a Aprendizagem nas Aulas de Química**. Revista Ciências & Ideias. [S.l.], p. 216-233, abr. 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1280/813>. Acesso em: 06 mar. 2022.
- MASROM, M. **Technology Acceptance Model (TAM)**. Universiti Teknologi Malaysia. p. 21-24, maio, 2007.

MATIDA, Álvaro H.; CAMACHO, Luiz A. B. **Pesquisa Avaliativa e Epidemiologia: Movimentos e Síntese no Processo de Avaliação.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2004.v20n1/37-47/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

MEDEIROS, D. S. **O uso das simulações no ensino de física a nível do ensino médio a partir dos relatos de experiências publicadas em periódicos científicos nacionais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura). Orientador: Raimundo Fábio da Silva. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Caicó, 2019.

MEDRANO, E. M. de O. **O Programa Nacional de Informática na Educação - PROINFO: avaliação do impacto nas escolas estaduais do Ensino Médio em São Carlos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2013.

MINTZES, J. J.; WANDERSEE, J. H. **Teaching Science Understading: A Human Constructivist View.** London: Elsevier Academic Press, 2015.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN, Rio Grande do Norte, 2014.

MORAES, Arthur M.; MORAES, Itamar J. **A avaliação conceitual de força e movimento.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, jun., 2000. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_232.pdf. Acesso em: 15 nov. 2020.

MORAIS, Suzanne Silva Rodrigues de. **Tecnologia e Educação.** ENCONTRO VIRTUAL DE DOCUMENTAÇÃO EM SOFTWARE LIVRE E CONGRESSO INTERNACIONAL DE LINGUAGEM E TECNOLOGIA. *Anais*. v. 6, n. 1, jun. 2017.

MORAN, J. M.; MASSETO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas Tecnologias e Mediações Pedagógicas.** São Paulo: Papirus, 2019.

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

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: um Conceito Subjacente. Aprendizagem Significativa.** Revista Meaning ful Learning Review. v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011b. Disponível: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos Acesso em: 15 nov. 2020.

MOREIRA, M. A. **Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Aprendizagem Significativa, a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, particularmente da área de ciências.** Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MOREIRA, M. A. **O Que é afinal Aprendizagem Significativa?** Porto Alegre: UFRGS, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> Acesso em: 23 out. 2020.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moderna, 2016.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 2015.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Editorial: **Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 327-332, set., 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p327/32314>. Acesso em: 02 abr. 2022.

MOTA, N. S.; CALDAS, R. L. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para Aprendizagem de Tópicos da Eletrodinâmica**. 7º ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (7º ENAS), **Anais**. 2018. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/75b99d_0210cf63b92245f6b02220faf0bdacd4.pdf. Acesso em: 08 mar. 2022.

MUSSOI, M. Eunice; FLORES, M. L. Pozzatti; BEHAR, P. Alejandra. **Avaliação de Objetos de Aprendizagem**. CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA. **Anais**. Santiago, 2010. Disponível em: <http://www.tise.cl/volumen6/TISE2010/Documento18.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.

MUTHUKRISHNAN, Karthikeyan. **Terrific bus accident in Italy**, Vídeio. (14s), 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=P5OoWQaWeRs>. Acesso em: 06 ago. 2022.

NASCIMENTO, J. K. F. **Informática aplicada à educação**. Brasília : Universidade de Brasília, 2017. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/infor_aplic_educ.pdf. Acesso em: 12 nov. 2021.

NESBIT, J.; BELFER K.; LEACOCK T. **Learning Object Review Instrument (LORI)**. Telelearning NCE, CANARIE Inc, e EduSource Canada. jan., 2009.

NETO, D. P.; BIAGIOTTI B. A.; BALDESSAR M. J.; SIQUEIRA F. C. G. **Revisão sistemática de metodologias de avaliação de objetos de aprendizagem**. VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO. Foz do Iguaçu, **Anais**. 2017.

NEVES, M.C.D.; SAVI, A. **A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de Física**. *Ciência&Educação*, v.6, n. 11, p. 11-20, 2000.

NEWTON, I. **The Principia: mathematical principles of natural philosophy**, San Francisco:UC Press, 1999.

NEWTON, I. **De Gravitatione e taequipondio fluidorum. Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton**. Cambridge:University Press, 1962.

NOGUEIRA, L. K. Costa; OLIVEIRA, C. M. Barbosa; OLIVEIRA, S. Suely; JÚNIOR, A. O. Souza. **Formação de Professores e Tecnologias da Informação (TICs): uma relação necessária para o uso de recursos tecnológicos na educação**. X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, **Anais**. Belém, 2013.

NOVAK, J. D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2017.

PACCA, J.L.A. **O ensino da Lei da Inércia: Dificuldades do Planejamento.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 8, n. 99, 1991.

PhET. **Physics Education Technology.** 2021. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR. Acesso em: 10 nov. 2021.

PIRES JÚNIOR, E.O. **A utilização de simulações virtuais no processo de ensino-aprendizagem de Física.** Monografia (Especialização). Orientador: Jailto Luis Chaves de Lima Filho. Universidade Estadual da Paraíba. Paraíba, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5406/1/PDF%20-20Ec%C3%ADlio%20Oliveira%20Pires%20J%C3%BAnior.pdf>
Acesso em: 06 mar. 2022.

PIRES, M. A.; VEIT, E. A. **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio.** Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 21, n. 2, jun., 2006. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/050903.pdf> Acesso em: 17 ago. 2019.

POLITO, A. M. M.. **Galileu, Descartes, e uma breve história do princípio de inércia.** Periódico UnB, v. 1, n. 23, 2016.

PORTO, C. M. **Breve histórico da dinâmica newtoniana do movimento curvilíneo.** Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 37, n. 1, jan./mar., 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/KsVtJSVbmMp9CSTxcY5PWfc/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 23 mar. 2022.

QUEIROZ, Maria Neuza Almeida; HOSOUME, Yassuko. **Ensino de Física no Brasil nas décadas de 1960-1970 na perspectiva dos projetos inovadores PSSC, PEF e FAI.** XVI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA – SBF, Natal, **Anais.** 2016.

RESES, Gabriela de Leon Nóbrega. **Didática e Avaliação no Ensino de Ciências Biológicas.** Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

RIVED. **Rede Interativa Virtual de Educação.** 2017. Disponível em: <http://rived.proinfo.mec.gov.br/>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SANTOS, Rosiane de J. **Uma Taxionomia para o uso de Vídeos Didáticos para o Ensino de Matemática.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

SANTOS, J. R. S.. **Um estudo sobre as concepções alternativas acerca do conceito de inércia no Ensino Médio.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2016.

SCHNELL, R.F. **Formação de professores para o uso das tecnologias digitais: um estudo junto aos núcleos de tecnologia educacional do estado de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SILVA, Marco. **Que é interatividade? Boletim técnico do Senac,** Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, maio/ago., 1998. Disponível em: <https://www.dn.senac.br/flip/bts/bts-47-2/103/>. Acesso em: 22mar. 2022.

SOUZA, A.F. **Ensino a Distância**. Revista Galileu, Rio de Janeiro, n. 142, p. 39-50, maio, 2013. Disponível : <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT530044-2681,00.html>
Acesso em: 11 nov. 2021.

SOUZA, A. M.; NAZARÉ, T. S. **A utilização de um programa de computador para simulações de experimentos de óptica como forma de promover o aprendizado das ciências exatas**. Física na Escola, v. 13, n. 1, p. 30-31, 2012.

SOUZA, H.G. **Informática na educação e ensino de informática: algumas questões**. São Paulo: Editora, 1983.

TAROUCO, Liane M. R.; GRANDO, Anita R. S.; KONRATH, Mary L. P. **Alfabetização visual para a produção de objetos educacionais**. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre, v. 1, n. 2, 2003. Disponível em:
<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14328>. Acesso em: 20 dez. 2021.

TSEITLIN, M. **Newton's first law: text, translations, interpretations and physics education**, Science & Education, v. 12, p. 45-73, 2003.

UNESCO, **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization**.

Representação da UNESCO no Brasil, 2016. Disponível em:

<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education> .Acesso em: 16 dez. 2021.

VALADARES, J.A.C.S. **Concepções Alternativas no Ensino da Física à Luz da Filosofia da Ciência**. Tese de Doutorado. Universidade Aberta, Lisboa, 1995.

VALENTE, J.A. **A telepresença na formação de professores da área de Informática em Educação: implantando o construcionismo contextualizado**. IV CONGRESSO IBERO AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. Anais. 1998.

WELANG, R. B.; SCHNEIDER, R. S.; SILVEIRA, F. L. **Uma experiência de utilização de uma animação em flash como Facilitadora do processo de ensino-aprendizagem de física dos Fluidos**. Experiências em Ensino de Ciências, v. 3, n. 3, p. 33-40, 2008.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. In: WILEY, D. A. (Org.), The Instructional Use of Learning

Objects. Utah: Academic Publisher, 2010. Disponível em:

<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc> Acesso em: 20 out. 2021.