



**ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA MEDIADOS  
POR TECNOLOGIAS DIGITAIS:  
ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM FÍSICA DO ENSINO  
MÉDIO**

Israel Marinho Araújo

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

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Coorientador:

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins  
Costa

Brasília-DF

2022

ISRAEL MARINHO ARAÚJO

ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA COM USO DE  
TECNOLOGIAS DIGITAIS: ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA  
EM FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Coorientador:

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa

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

Aprovada por:

---

Membro da Banca

---

Membro da Banca

---

Membro da Banca

Brasília-DF

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

Me           Marinho Araújo, Israel  
              ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA MEDIADOS POR TECNOLOGIAS  
              DIGITAIS: ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM FÍSICA DO ENSINO MÉDIO  
              / Israel Marinho Araújo; orientador Marcello Ferreira; co  
              orientador Marcos Rogério Martins Costa. -- Brasília, 2022.  
              213 p.

              Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ensino  
              de Física) -- Universidade de Brasília, 2022.

              1. Ensino de Física. 2. Autoeficácia. 3. Força. 4.  
              Tecnologias Digitais. 5. Ensino Remoto Emergencial. I.  
              Ferreira, Marcello, orient. II. Rogério Martins Costa,  
              Marcos, co-orient. III. Título.

Alguns dos determinantes mais importantes dos caminhos da vida surgem por meio das circunstâncias mais triviais.

**Albert Bandura (1925-2021)**

Dedicado à minha família.

## **Agradecimentos**

A meu pai, mãe, irmão e irmã por me acompanharem desde os meus primeiros momentos de vida, constituindo, em particular, um pilar fundamental para a minha trajetória acadêmica.

À minha companheira Flávia, que me auxiliou e apoiou em todos os momentos e em incontáveis aspectos de minha vida.

Ao meu amigo Gustavo por acolher o desafio de me auxiliar com as artes contidas no Produto Educacional. E demais amigos que de alguma forma contribuíram com a minha caminhada escolar e universitária.

Aos professores que, desde minha infância, me influenciaram e instruíram até aqui, em particular os professores Vanessa Andrade, Antonio Pedroza, Fábio Lima, Ivan Ferreira, Antony Polito e Ademir Santana com os quais tive a oportunidade de aprender durante o mestrado.

Especialmente, ao meu orientador, Prof. Dr. Marcello Ferreira, com quem tive a oportunidade de desenvolver valiosos e frutíferos aprendizados desde o ano de 2019. E ao meu coorientador, Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa, que me instruiu atenciosa e contiguamente durante esta pesquisa. Aos dois por me inspirarem, motivarem e contribuírem significativamente com meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e para a elaboração desta dissertação.

Aos membros da banca examinadora pelas revisões e importantes contribuições a este trabalho.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, por todos os conhecimentos compartilhados desde o ano de 2013, e aos professores e aos demais funcionários que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, à qual agradecemos imensamente.

A todos que, direta e indiretamente, trouxeram contribuições e incrementos à esta pesquisa.

## RESUMO

### **ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS:**

#### **ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**

Israel Marinho Araújo

Orientador: Prof. Dr. Marcello Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa

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

O ano de 2020 marcou a história do Brasil e do mundo devido ao início de uma pandemia. A grave crise sanitária instalada no país motivou as autoridades públicas a tomarem medidas emergenciais que, de partida, afetaram nacionalmente as atividades escolares. Nesse sentido, cabe destacar a pouca estrutura pública com relação às tecnologias digitais necessárias para suportar, nacional ou regionalmente, alguma forma de ensino remoto. Diante dessa problemática, este trabalho debruça-se sobre a seguinte questão: como promover um curso ou sequência didática de Física mediado por tecnologias digitais capaz de evitar os problemas do criticado ensino tradicional, ao mesmo tempo em que pudesse atuar positivamente sobre as crenças de autoeficácia discente e, assim, possivelmente influenciar os desempenhos dos estudantes? Este trabalho a fim de trazer contribuições a esse questionamento tem, como objetivo geral, investigar as crenças de autoeficácia dos alunos do Ensino Médio em práticas de ensino de Física que utilizam tecnologias digitais. Para tanto, o presente estudo revisita a literatura sobre os seguintes temas: o ensino de física, focado no conteúdo sobre força newtoniana; o conceito de crenças de autoeficácia; e o uso de tecnologias digitais no ensino de Física. Com base em uma pesquisa descritiva e exploratória e em uma revisão de literatura sistemática de cunho quantitativo, este trabalho propõe e examina as repercussões de uma sequência didática sobre Mecânica no contexto das Ciências da Natureza, sendo que a supracitada sequência utilizou recursos digitais na perspectiva proposta por Bandura. Destaca-se que essa sequência didática foi acompanhada de um produto educacional construído para ser acessado virtualmente e utilizado pelo estudante durante a realização da referida sequência didática. Em seguida, examinou-se correlações entre três aspectos, a saber: (i) as características socioeconômicas dos estudantes participantes da pesquisa; (ii) as crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física; e (iii) o desempenho discente em uma avaliação de conhecimentos de Mecânica Newtoniana. Depois, discute-se a autoeficácia para o aprendizado de Física nos formatos virtual e híbrido a partir do estudo de caso realizado, propondo sugestões para a

promoção das crenças de autoeficácia entre os alunos do Ensino Médio, sobretudo para o processo de ensino e aprendizagem de força com uso de tecnologias digitais. Dessa forma, esta pesquisa contribui com o debate acerca da motivação escolar, especialmente para o aprendizado de Física. Suscita-se, a partir dos dados coletados e analisados, a reflexão sobre os aspectos que afetam a motivação dos estudantes para a performance no componente curricular de Física, particularmente nos formatos híbridos e virtuais, bem como de seus desempenhos diante de instrumentos avaliativos. No caso desta investigação, há indícios de que fatores socioeconômicos (como o sexo, a cor ou a raça, a renda familiar e a escolaridade do pai e o formato de ensino) apresentaram-se como variáveis relevantes para a formação das convicções dos estudantes com relação ao ensino e à aprendizagem de Física no Ensino Médio.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Autoeficácia, Força, Tecnologias Digitais, Ensino Remoto Emergencial.



## ABSTRACT

### ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Israel Marinho Araújo

Supervisor: Prof. Dr. Marcello Ferreira

Co-Supervisor: Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The year 2020 marked the history of Brazil and the world due to the beginning of a pandemic. The serious health crisis installed in the country motivated public authorities to take emergency measures that, from the start, affected school activities nationwide. In this sense, it is worth mentioning the little public structure in relation to the digital technologies necessary to support, nationally or regionally, some form of remote teaching. Faced with this problem, this work focuses on the following question: how to promote a course or didactic sequence of Physics mediated by digital technologies capable of avoid the problems of the criticized traditional teaching method and at the same time act positively on the student's self-efficacy beliefs and thus, possibly influence student performance? In order to contribute to this questioning, this work has, as a general objective, to investigate the self-efficacy beliefs of high school students in relation to Physics teaching practices that use digital technologies. Therefore, the present study revisits the literature on the following topics: physics teaching, focused on Newtonian force content; the concept of self-efficacy beliefs; and the use of digital technologies in Physics teaching. Based on a descriptive and exploratory research and on a systematic literature review of a quantitative nature, this work proposes and examines the repercussions of a didactic sequence on Mechanics in the context of Natural Sciences, and the aforementioned sequence used digital resources in the proposed perspective by Bandura. It is noteworthy that this didactic sequence was accompanied by an educational product built to be accessed virtually and used by the student during the execution of that didactic sequence. Then, correlations between three aspects are examined and identified, namely: (i) the socioeconomic characteristics of the students participating in the research; (ii) self-efficacy beliefs for performance in Physics in the context of Emergency Remote Teaching; and (iii) student performance in

an assessment of knowledge of Newtonian Mechanics. Then, self-efficacy for learning Physics in virtual and hybrid formats is discussed based on the case study carried out, proposing suggestions for the promotion of self-efficacy beliefs among high school students, especially for the teaching and learning process of strength with the use of digital technologies. Finally, this research contributes to the debate about school motivation, especially for learning Physics. Based on the data collected and analyzed, a reflection on the aspects that affect students' motivation to perform in the curricular component of Physics, particularly in hybrid and virtual formats, as well as their performance in relation to evaluative instruments, is raised. In the case of this investigation, there are indications that socioeconomic factors (such as gender, color or race, family income and father's education and teaching format) were relevant variables for the formation of students' convictions regarding the teaching and learning of Physics in High School.

**Keywords:** Physics Teaching, Self-efficacy, Force, Digital Technologies, Emergency Remote Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1</b> – Nuvem de palavras que evidencia as 50 keywords mais frequentes nas 171 obras encontradas na SciELO CI entre os anos 2017 e 2021 .....                                  | 25  |
| <b>Figura 2</b> – Mapa gerado no software VOSviewer por meio da análise de coautoria de dados da SciELO Citation Index .....   | 33  |
| <b>Figura 3</b> – Mapa gerado no software VOSviewer por meio da análise de coautoria de dados da SciELO .....  | 34  |
| <b>Figura 4</b> – Mapa de densidade resultante da análise de co-ocorrência nos títulos e resumos das 171 obras encontrados na SciELO CI.....   | 37  |
| <b>Figura 5</b> – Mapa de rede resultante da análise de co-ocorrência nos títulos e resumos dos 981 textos encontrados no <i>Google Scholar</i> .....                                    | 39  |
| <b>Figura 6</b> – Representação esquemática de três concepções de interações: unidirecional, parcialmente bidirecional e recíproca .....   | 64  |
| <b>Figura 7</b> – Esquema dos procedimentos aplicados a análise da verificação do ganho de aprendizagem sobre os conceitos newtonianos e da modificação das crenças de autoeficácia..... | 110 |
| <b>Figura 8</b> – Valores do Ideb alcançados no Brasil e no Distrito Federal e as metas estabelecidas para os Anos Finais do Ensino Fundamental .....                                    | 116 |
| <b>Figura 9</b> – Medidas de autoeficácia de 286 estudantes do 1º ano do Ensino Médio para o desempenho em Física: a escala varia entre os valores 21 e 105 .....                        | 124 |
| <b>Figura 10</b> – Número de respostas às atividades de Física durante a aplicação das sequências didáticas nos Grupos Controle e Experimental.....                                      | 129 |
| <b>Figura 11</b> – Gráfico do ganho médio atual <G> em relação à média percentual de acertos no pré-teste <Si> de quatorze turmas do primeiro ano do Ensino Médio .....                  | 140 |
| <b>Figura 12</b> – Crenças de autoeficácia iniciais e finais dos 170 estudantes participantes da pesquisa.....   | 152 |
| <b>Figura 13</b> – Medida das crenças de autoeficácia inicial e final dos grupos Experimental (azul) e Controle (Amarelo) .....  | 154 |
| <b>Figura 14</b> – Crenças de autoeficácia inicial em relação à renda familiar .....   | 157 |
| <b>Figura 15</b> – Crenças de autoeficácia inicial em relação à escolaridade do pai .....  | 159 |

## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Quadro 1</b> – População sem acesso à internet em banda larga ou 3G/4G em seu domicílio em 2018 .....   | 5   |
| <b>Quadro 2</b> – Percentual de estudantes de baixa renda entre estudantes sem acesso domiciliar à internet de qualidade .....   | 6   |
| <b>Quadro 3</b> – Primeira etapa da investigação – Preparação da pesquisa.....   | 19  |
| <b>Quadro 4</b> – Segunda etapa da investigação – apresentação e interrelação dos dados .....  | 20  |
| <b>Quadro 5</b> – Terceira etapa da investigação – detalhamento, modelo integrador e validação por evidências .....  | 20  |
| <b>Quadro 6</b> – Número de publicações encontrados na busca por “ensino de física” nos últimos cinco anos .....   | 21  |
| <b>Quadro 7</b> – Número de publicações por revista encontradas na busca por “ensino de física” nos últimos cinco anos e os respectivos índices de qualidade/relevância do periódico ..... | 23  |
| <b>Quadro 8</b> – Síntese das contribuições das obras mais citadas dos autores com mais publicações sobre o ensino de física ou das obras mais citadas no geral de 2017 a 2021 .....       | 26  |
| <b>Quadro 9</b> – Síntese das contribuições das obras mais citadas dos autores centrais com base nos textos da SciELO: entre 2017 e 2021 .....   | 35  |
| <b>Quadro 10</b> – Lista das principais contribuições ou enfoques teóricos manifestados a partir da análise de cocitação.....  | 36  |
| <b>Quadro 11</b> – Síntese das principais contribuições das obras que tratam simultaneamente do ensino de física e da mecânica clássica (newtoniana) entre 2017 e 2021 .....               | 41  |
| <b>Quadro 12</b> – Síntese das principais contribuições das obras que tratam simultaneamente do ensino de física e das TICs entre 2017 e 2021 .....  | 46  |
| <b>Quadro 13</b> – Informações dos onze artigos selecionados e agrupados por Bopsin e Guidotti (2021) sobre as crenças de autoeficácia e o Ensino de Física .....                          | 53  |
| <b>Quadro 14</b> – Princípios bibliométricos dos filtros .....   | 102 |
| <b>Quadro 15</b> – Aspectos teóricos utilizados e as respectivas estratégias de intervenção propostas .....  | 108 |
| <b>Quadro 16</b> – Grau de escolaridade da mãe e do pai obtidos pela resposta de   |     |

|  |     |
|--|-----|
| 286 estudantes em porcentagem (%) .....  | 121 |
| <b>Quadro 17</b> – Média das 170 medidas das crenças de autoeficácia nos grupos Controle (C) e Experimental (E) nos formatos híbrido (H) e virtual (V) .....   | 131 |
| <b>Quadro 18</b> – Síntese das médias percentuais (%) de acertos dos Grupos Experimental e Controle nos formatos híbrido (H) e virtual (V) nos pré e pós-testes e aplicação do teste Sharpiro-Wilk ..... | 135 |
| <b>Quadro 19</b> – Ganho médio normalizado <g> para cada um dos casos Experimental e Controle nos formatos híbrido e virtual.....  | 141 |
| <b>Quadro 20</b> – Valores de p encontrados a partir da ANOVA com medidas repetidas para cada uma das combinações com a variável (1) Grupo .....   | 154 |
| <b>Quadro 21</b> – Resumo dos resultados da Análise de Variância (ANOVA) entre a autoeficácia inicial dos 286 estudantes em relação as dez variáveis independentes.....                                  | 156 |

## LISTA DE SIGLAS

**AVA** – Ambiente Virtual de Aprendizagem

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular

**CEDF** – Conselho de Educação do Distrito Federal

**CNE** – Conselho Nacional de Educação

**DF** – Distrito Federal

**GDF** – Governo do Distrito Federal

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

**LDBEN** – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

**MEC** – Ministério da Educação

**OMS** – Organização Mundial da Saúde

**PNAD** – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

**SEEDF** – Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

**TIC** – Tecnologias de Informação e Comunicação

**TDIC** – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

**UNESCO** – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 1   |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....  | 1   |
| 1.2 OBJETIVOS .....  | 13  |
| 1.2.1 Objetivo geral .....   | 14  |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....  | 15  |
| 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....   | 15  |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | 18  |
| 2.1 ANÁLISE DO TRABALHOS DO CAMPO DE PESQUISA .....  | 18  |
| 2.1.1 Ensino de Física e Tecnologias de Informação e<br>Comunicação .....                                    | 44  |
| 2.1.2 Ensino de Física e as crenças de autoeficácia .....  | 49  |
| 2.2 TEORIA SOCIAL COGNITIVA .....  | 58  |
| 2.2.1 Reciprocidade triádica .....   | 62  |
| 2.2.2 Modelação .....  | 66  |
| 2.2.3 Agência humana .....   | 69  |
| 2.2.4 Crenças de autoeficácia .....  | 72  |
| 2.2.5 Autorregulação .....   | 76  |
| 2.3 DA TEORIA À PRÁTICA DOCENTE .....  | 79  |
| 2.4 FORÇA: A SÍNTESE NEWTONIANA .....  | 83  |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....   | 97  |
| 3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....  | 97  |
| 3.2 SÍNTESE DA PESQUISA DOCUMENTAL .....   | 98  |
| 3.3 OPERADORES DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....   | 100 |
| 3.4 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....   | 105 |
| 3.5 PROCESSAMENTO DAS CORRELAÇÕES .....  | 111 |
| <b>4 APLICAÇÃO DE DUAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS</b> .....  | 113 |
| 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS TURMAS SELECIONADAS .....   | 113 |
| 4.2 SÍNTESE DAS VARIÁVEIS OBTIDAS .....  | 123 |
| 4.2.1 Grupo Controle: Ensino e Aprendizagem sem a aplicação do<br>conceito de Autoeficácia .....             | 125 |
| 4.2.2 Grupo Experimental: Ensino e Aprendizagem com a aplicação<br>do conceito de Autoeficácia .....         | 127 |
| 4.2.3 Síntese dos resultados obtidos nos quatro casos .....  | 128 |
| 4.2.4 Crenças de autoeficácia nos quatro casos .....   | 130 |
| 4.2.5 Desempenho e o ganho normalizado médio .....   | 133 |
| <b>5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....  | 137 |
| 5.1 ANÁLISE DO DESEMPENHO E DO GANHO .....   | 138 |
| 5.2 ESTUDO COMPARATIVO COM A LITERATURA DO INVENTÁRIO<br>.....   | 143 |
| 5.3 SOBRE AS CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA .....   | 147 |
| 5.4 CORRELAÇÕES APREENDIDAS .....  | 156 |
| 5.5 PROPOSTAS E SUGESTÕES PARA MELHORIA DAS CRENÇAS<br>DE AUTOEFICÁCIA ENTRE OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO ..... | 160 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | 168 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 176 |
| <b>APÊNDICE A</b> – Quadro das diretrizes pedagógicas emergenciais aplicados no Distrito Federal .....   | 193 |
| <b>APÊNDICE B</b> – Quadro das diretrizes pedagógicas emergenciais nacionais .....   | 195 |
| <b>APÊNDICE C</b> – Quadro com as etapas da sequência didática com <i>feedback</i> .....   | 196 |
| <b>APÊNDICE D</b> – Quadro com as etapas da sequência didática controle (sem <i>feedback</i> ).....  | 198 |
| <b>APÊNDICE E</b> – Quadro com os links dos vídeos de feedback da Sequência didática com <i>feedback</i> .....   | 201 |
| <b>APÊNDICE F</b> – Mapa de calor criado pela análise de co-citação no VOSviewer com dados dos 171 estudos encontrados na SciELO CI – WoS de 2017 a 2021 ..... | 202 |
| <b>APÊNDICE G</b> – Mapa de calor criado pela análise de coupling no VOSviewer com dados dos 171 estudos encontrados na SciELO CI – WoS de 2017 a 2021 .....   | 203 |
| <b>APÊNDICE H</b> – Número de itens domésticos que os estudantes declararam haver em suas moradias .....   | 204 |
| <b>APÊNDICE I</b> – Resultado das análises de variância (ANOVA) e do teste Post Hoc aplicado aos dados dos 170 estudantes.....                                 | 205 |
| <b>APÊNDICE J</b> – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) .....  | 206 |
| <b>APÊNDICE K</b> – Instrumento de verificação da autoeficácia .....   | 207 |
| <b>APÊNDICE L</b> – Elementos constitutivos de uma teoria do movimento e da mecânica newtoniana.....   | 209 |
| <b>ANEXO A</b> – Ações educacionais emergenciais das unidades federativas brasileiras em 2020 .....  | 211 |



## 1 INTRODUÇÃO

Essa introdução divide-se em três seções. Na primeira, apresenta-se o contexto no qual este texto foi escrito, de forma a justificativa a investigação aqui desenvolvida. Na segunda, são apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho; e, na terceira, é detalhada a estrutura desta dissertação.

### 1.1 Justificativa

O ano de 2020 marcou a história do Brasil e do mundo devido ao início de uma pandemia que até meados de 2021 – momento em que este texto foi escrito - já ceifou a vida de mais de 600 mil brasileiros<sup>1</sup>, valor que, lastimavelmente, permanece aumentando diariamente<sup>2</sup>. Durante esse ano, a grave crise sanitária instalada no país motivou as autoridades públicas a tomarem medidas emergenciais que, de partida, afetaram nacionalmente as atividades escolares (SPERB; CARVALHO, 2020; GABRIEL *et al.*, 2021; OCDE, 2020). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO)<sup>3</sup>, a pior pandemia em mais de um século ocasionou a maior ruptura educacional da história. No seu auge, 1,6 bilhão de estudantes – cerca de 90% da população estudantil mundial – foram afetados em mais de 190 países com o fechamento de escolas e universidades. Isso motivou um debate mundial a respeito das suspensões das aulas presenciais (COSTA; SOUZA, 2020).

Em toda a federação brasileira, as aulas presenciais foram suspensas entre os dias 11 e 23 de março de 2020 (MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020)<sup>4</sup>. Com as suspensões das atividades presenciais no país, requisitou-se a definição de novas diretrizes nos diversos âmbitos e níveis da administração pública e, em específico, acerca dos afazeres educacionais. Por conta da crise, o Ministério da Educação (MEC) autorizou, ainda em 17 de março de 2020<sup>5</sup>, que as instituições de educação superior (integrantes do sistema federal de ensino) pudessem substituir as disciplinas

---

<sup>1</sup> Painel de casos de doença pelo coronavírus (COVID-19) no Brasil pelo Ministério da Saúde. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>2</sup> Em 08/04/2021 chegaram a ser registradas 4.249 mortes em 24 horas pela Covid-19 no Brasil. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-04/covid-19-brasil-bate-recorde-com-4249-mortes-registradas-em-24-horas>. Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://pt.unesco.org/news/covid-19-como-coalizacao-global-educacao-da-unesco-esta-lidando-com-maior-interruptao-da>. Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/noticia/2020/05/21/estudantes-pais-e-professores-narram-apagao-do-ensino-publico-na-pandemia-em-7-estados-e-no-df-atividade-remota-nao-vai-contar-para-o-ano-letivo.ghtml>. Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>5</sup> Por meio da Portaria nº 343 publicada em 18/03/2020, na edição 53, seção 1, página 39.

presenciais por aulas em meios digitais que utilizassem Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Essa foi uma das primeiras ações tomadas em direção à adoção de alguma forma de ensino remoto em meio à emergência sanitária.

As incertezas com relação à evolução da pandemia levaram, em um primeiro momento, à estagnação da Educação Básica no país. Vislumbrando o impacto do isolamento social no fluxo do calendário escolar, nos níveis básico e superior, o Conselho Nacional de Educação (CNE), por meio de nota, esclareceu no dia 18 de março de 2020, que ficaria “[...] a critério dos próprios sistemas de ensino e redes e instituições de Educação Básica e Educação Superior, a gestão do calendário e a forma de organização, realização ou reposição de atividades acadêmicas e escolares” (BRASIL, 2020a, p. 1). Ainda, foi dito na referida nota que era da competência das autoridades dos respectivos sistemas de ensino – federais, estaduais, municipais e distritais – autorizar a realização de atividades a distância, incluindo as etapas e as modalidades do ensino básico.

Em 28 de abril de 2020, no Parecer Nº 5, o CNE tratou da reorganização do Calendário Escolar e da possibilidade de cômputo das atividades não presenciais. Nesse sentido, declarou que estratégias adotadas pelos sistemas de ensino para reorganização dos calendários deveriam considerar: (i) que a principal finalidade do processo educativo é o atendimento dos direitos e objetivos de aprendizagem; (ii) preservar o padrão de qualidade previstos em lei; (iii) cumprir a carga horária mínima exigida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação; (iv) evitar o retrocesso da aprendizagem, o aumento da reprovação, e perda de vínculo da escola (possivelmente provocando a evasão e o abandono escolar); e (v) propor estratégias inclusivas que não reforcem ou aumentem a desigualdade educacional (BRASIL, 2020b; CUNHA; SILVA; SILVA, 2020).

No Parecer do CNE, também foram apresentadas sugestões a serem levadas em conta nesse contexto. Por exemplo, o Conselho avisa acerca da necessidade da observância das especificidades e/ou dificuldades de acompanhamento de atividades *on-line* por crianças da Educação Infantil e Ensino Fundamental - Anos Iniciais<sup>6</sup>. Já no Ensino Fundamental – Anos Finais e Ensino Médio, o Conselho considerou que estas atividades não presenciais “ganham maior espaço” (BRASIL, 2020b, p. 12). Destaca-se que, considerando as especificidades dessa faixa etária, o Conselho (ainda, no

---

<sup>6</sup> O Ensino Fundamental tem duas fases. Os Anos Iniciais compreendem os estudantes de 6 a 10 anos, e os Anos Finais os alunos entre 11 e 14 anos.

Parecer Nº 5)<sup>7</sup> sugere para as atividades não presenciais:

a elaboração de sequências didáticas construídas em consonância com as habilidades e competências preconizadas por cada área de conhecimento na BNCC; utilização, quando possível, de horários de TV aberta com programas educativos para adolescentes e jovens; distribuição de vídeos educativos, de curta duração, por meio de plataformas digitais, mas sem a necessidade de conexão simultânea, seguidos de atividades a serem realizadas com a supervisão dos pais; realização de atividades on-line síncronas de acordo com a disponibilidade tecnológica; oferta de atividades on-line assíncronas de acordo com a disponibilidade tecnológica; estudos dirigidos, pesquisas, projetos, entrevistas, experiências, simulações e outros; realização de testes on-line ou por meio de material impresso, entregues ao final do período de suspensão das aulas; e utilização de mídias sociais de longo alcance (WhatsApp, Facebook, Instagram etc.) para estimular e orientar os estudos, desde que observadas as idades mínimas para o uso de cada uma dessas redes sociais (BRASIL, 2020b, p. 12).

Apesar dos esclarecimentos e sugestões, a ausência de uma coordenação nacional propiciou o surgimento, em diferentes prazos, de diversas respostas e estratégias para mitigação do efeitos das suspensões das aulas presenciais<sup>8</sup>. Levando em conta o Decreto nº 6 de 18 de Março de 2020 – em que o Congresso Nacional reconheceu a ocorrência do estado de calamidade pública -, a Lei Nº 14.040 de 18 de Agosto de 2020 estabeleceu normas educacionais excepcionais a serem adotadas durante o estado calamitoso. Essa lei estipulou que fossem observadas as i) diretrizes nacionais editadas pelo CNE, ii) a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e iii) as normas editadas pelos respectivos sistemas de ensino; ficando dispensados, no ensino fundamental e no ensino médio, a “[...] obrigatoriedade de observância do mínimo de dias de efetivo trabalho escolar [...], desde que cumprida a carga horária mínima anual estabelecida [...], sem prejuízo da qualidade do ensino e da garantia dos direitos e objetivos de aprendizagem [...]” (BRASIL, 2020c). Ainda, indicou que nestas etapas, a critério dos sistemas de ensino, poderiam ser desenvolvidas atividades pedagógicas não presenciais:

---

<sup>7</sup> Em consideração à suspensão das aulas em território nacional, e da observação do fechamento total ou parcial de escolas em mais de 150 países no mundo, o Conselho (CNE) emitiu parecer sobre a reorganização do Calendário Escolar e da possibilidade de cômputo de atividades não presenciais para cumprimento da carga mínima anual. Levando em conta mais de 400 considerações advindas de consulta pública, além de webnários, com as seguintes entidades: União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME), Conselho Nacional dos Secretários Estaduais de Educação (CONSED), União dos Conselhos Municipais de Educação e o Fórum Nacional dos Conselhos Estaduais de Educação (FNCE) (BRASIL, 2020b).

<sup>8</sup> Indicamos a conferência do Anexo C, pois esse traz um quadro das ações que cada Estado da Federação para mitigar os efeitos da pandemia de covid-19 na área da Educação.

[...] vinculadas aos conteúdos curriculares de cada etapa e modalidade, inclusive por meio do uso de tecnologias da informação e comunicação, cujo cômputo, para efeitos de integralização da carga horária mínima anual, obedecerá a critérios objetivos estabelecidos pelo CNE. (BRASIL, 2020c).

A partir da lei supracitada (BRASIL, 2020c), ficou flexibilizada a exigência do cumprimento de 200 dias de efetivo trabalho educacional, desde que respeitada a carga horária mínima anual de 800 horas, podendo a integralização dessas horas ocorrer por meio de um *continuum* de 2 anos (ou séries escolares)<sup>9</sup>. Dessa forma, com a impossibilidade de retorno presencial e a necessidade de garantir os direitos e objetivos educacionais nos limites estabelecidos pela lei, os sistemas de ensino brasileiros passaram a ofertar atividades pedagógicas remotas adaptadas às realidades regionais, especialmente, por meio do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), para sanar as demandas educacionais emergenciais no biênio 2020-2021.

Costa e Sousa (2020) refletem sobre os desafios da educação e do uso de TICs durante a pandemia da Covid-19 e problematizam: (a) as teleaulas (transmissões de aulas assíncronas via canais de TV aberta) e (b) o uso da internet para ações didático-pedagógicas por meio das TICs. Baseando-se nos dados domiciliares nacionais mais recentes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Pnad (BRASIL, 2018), os autores sinalizam que as teleaulas não são capazes de atender a todos, pois cerca de 3,6% (2,6 milhões de domicílios) brasileiros não possuem televisor, além das aulas serem limitadas pedagogicamente<sup>10</sup>. Costa e Sousa (2020), também avaliam que, apesar das diversas vantagens, o uso de TICs não depende apenas da abordagem didático-pedagógica, mas das estruturas sociais, econômicas e de políticas públicas subjacentes. Por isso, os supracitados estudiosos apontam que as desvantagens do uso de TIC são a falta de estrutura técnica, tecnológica e pedagógica, sendo imprescindível a adaptação da TICs às particularidades de cada região, comunidade e instituição (COSTA; SOUSA, 2020).

Nesse sentido, cabe destacar a quase inexistente estrutura pública com relação às tecnologias digitais necessárias para suportar, nacional ou regionalmente, alguma forma de ensino remoto (BASNIAK, 2016; CUNHA; SILVA; SILVA, 2020).

---

<sup>9</sup> A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996 exige o mínimo de 800 horas letivas distribuídas em 200 dias letivos anuais.

<sup>10</sup> Teleaulas comumente não permitem a interação entre professor e aluno, como aponta Moreira, Henriques e Barros (2020).

Essa problemática pôde ser salientada, por exemplo, ao comparar as instituições públicas e privadas, que neste caso não tardaram em adaptar suas atividades à ambientes virtuais ou híbridos, em contraposição às redes públicas de ensino, que retomaram vagarosamente suas atividades educacionais. Como afirmam Gabriel *et al.* (2021), as medidas de isolamento social revelaram e ampliaram os grandes abismos entre a educação pública e privada no país. Segundo os autores, “escolas privadas em geral apresentam abordagens envolvendo TICs, AVAs etc. e os alunos já realizam várias atividades com o uso dessas estratégias” (GABRIEL *et al.*, 2021, p. 11). Contrariamente e salvo exceções, é precária a estrutura para (e o uso de) tecnologias digitais e ambientes virtuais por instituições das redes públicas do Ensino Básico no país. É necessário, assim, ressaltar que essas profundas diferenças não se dão apenas no âmbito do aparato das instituições públicas ou privadas, mas principalmente das condições socioeconômicas das comunidades escolares, o que, em última instância, afeta, diferentemente, os distintos estratos sociais brasileiros (CASTRO, 2009). Por esse motivo, é urgente investigar as problemáticas pedagógicas agudizadas no contexto de pandemia, e refletir sobre as tomadas de decisão do Poder Público e das instituições de ensino para assegurar o direito à educação formal.

Um estudo realizado em 2020 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) estimou que cerca de seis milhões de estudantes brasileiros da pré-escola à pós-graduação não tinham acesso domiciliar a internet banda larga ou 3G/4G. Desse número, os estudantes da pré-escola ao ensino médio correspondem a 97%, conforme se pode verificar na Quadro 1. O acesso a essas duas formas de internet, 3G e 4G, foi considerado pelos autores dessa Nota Técnica como o requisito mínimo para a ocorrência do ensino remoto (no contexto da pandemia).

**Quadro 1** – População sem acesso à internet em banda larga ou 3G/4G em seu domicílio em 2018

| Nível ou etapa de escolarização  | População sem acesso à internet em banda larga ou 3G/4G em casa | População sem acesso à internet em banda larga ou 3G/4G em casa |                          |
|----------------------------------|---|---|--------------------------|
|                                  |   | Total aproximado de pessoas                                     | Em instituições públicas |
| Pré-escola                       | 14% a 15%   | Até 800 mil   | Cerca de 720 mil         |
| Ensino Fundamental Anos Iniciais | Cerca de 16%  | 2,40 milhões  | 2,32 milhões             |
| Ensino Fundamental Anos Finais   | Cerca de 16%  | 1,95 milhão   | 1,91 milhão              |
| Ensino médio                     | Cerca de 10%  | Até 780 mil   | Cerca de 740 mil         |
| Graduação                        | Cerca de 2%   | 150 a 190 mil   | 51 a 72 mil              |
| Pós-graduação – stricto sensu    | Menos de 1%   | Menos de 2 mil  | Cerca de mil             |
| Da pré-escola à pós-             | 12%   | 6 milhões   | 5,80 milhões             |

|                    |              |                     |
|--------------------|--------------|---------------------|
| graduação          |              |                     |
| População em geral | Cerca de 17% | 34,5 a 35,7 milhões |

Fonte: Adaptação de Nascimento *et al.* (2020) com base no PNAD Contínua (IBGE), CEB e CES (Inep) e GeoCapes (Capes).

No Quadro 1, é possível observar que a maioria (cerca de 95%) dos estudantes sem acesso à internet, da educação infantil à pós-graduação, é matriculada em instituições públicas de ensino. O estudo também demonstrou que estudantes da educação básica de baixa renda<sup>11</sup> correspondem a 99% daqueles que não tem acesso domiciliar à internet de qualidade (banda larga ou 3G/4G). Isso pode ser visto no Quadro 2.

**Quadro 2** – Percentual de estudantes de baixa renda entre estudantes sem acesso domiciliar à internet de qualidade

| Nível ou etapa de escolarização | Estudantes de baixa renda sem acesso à internet |
|---------------------------------|---|
| Pré-escola                      | 99%   |
| Ensino fundamental              | 99%   |
| Ensino médio                    | 99%   |
| Graduação e pós-graduação       | 88%   |

Fonte: Adaptação de Nascimento *et al.* (2020) com base no PNAD Contínua (IBGE, 2018).

Levando em conta os apontamentos de Costa e Sousa (2021), o cenário apresentado no Quadro 2 é preocupante, pois apesar das grandes contribuições educacionais que o uso de TICs pode oferecer, existem limites e complexidades<sup>12</sup> que consistem em obstáculos que precisam ser contornados para a promoção de equidade social. Analisando o perfil dos estudantes sem acesso a esses recursos básicos, Nascimento *et al.* (2020) complementam:

[...] aproximadamente 5,8 milhões de estudantes matriculados em estabelecimentos públicos de ensino não dispunham, em 2018, de acesso domiciliar à internet com qualidade mínima para atividades remotas de ensino-aprendizagem. Foi visto na seção 3 que esses estudantes, majoritariamente negros e de baixa renda, são mais numerosos fora das capitais e em áreas rurais (NASCIMENTO *et al.*, 2020, p. 12).

A desigualdade relatada acima auxilia a esclarecer como a crise sanitária impactou, de modo não uniforme, determinados grupos sociais, particularmente no âmbito educacional. É dentro desse contexto que se insere o sistema de educação do

<sup>11</sup> Rendimento domiciliar *per capita* de até 1,5 Salário Mínimo – classificação de renda utilizada por instituições como o MEC.

<sup>12</sup> Alguns exemplo desses problemas são: a falta de acesso à internet e aparelho (celular, tablet, computador, etc.) adequados e a pouca ou nenhuma formação docente para o uso de TICs (LEITE; RIBEIRO, 2012).

Distrito Federal (DF)<sup>13</sup> e, conseqüentemente, a presente investigação.

Na capital do país, o primeiro caso da doença foi confirmado no dia 05 de março de 2020. Com a enquadramento da disseminação da Covid-19 pelo vírus SARV-CoV-2 como pandemia, pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 11 do mesmo mês, o Governo do Distrito Federal (GDF) suspendeu, no mesmo dia da referida declaração da OMS, as “atividades educacionais em todas as escolas, universidades e faculdades, das redes de ensino pública e privada” por cinco dias (DISTRITO FEDERAL, 2020a, p. 3). Como medida de enfrentamento à emergência de saúde pública por efeito da disseminação do novo coronavírus, esse prazo foi ampliado, subseqüentemente, por meio do Decreto nº 40.520 de 14 de março; do Decreto nº 40.539 de 19 de março; do Decreto nº 40.550 de 23 de março; do Decreto nº 40.583 de 1 de abril; e do Decreto Nº 40.817, de 22 de maio de 2020. Nessa última diretriz, não se determinou um prazo de retorno das atividades educacionais presenciais no Distrito Federal.<sup>14</sup>

Na capital brasileira – local onde a presente pesquisa foi realizada – após o longo período de suspensão das atividades presenciais e fracassadas tentativas de retorno total ou parcial, optou-se pela adoção do ensino remoto na rede pública distrital. Ainda em março de 2020, o Conselho de Educação do Distrito Federal (CEDF) determinou que as instituições de ensino das redes de ensino pública e privada realizassem o ajustamento do calendário escolar e da organização pedagógica e administrativa (ver Apêndice A). Para isso, deveriam considerar as seguintes possibilidades: da minimização das perdas pedagógicas por motivo da suspensão das atividades presenciais; de alcançar os objetivos educacionais nas diferentes etapas, níveis e modalidades; e as de considerar para cômputo da carga horária obrigatória as atividades não presenciais.

Nessa conjuntura, o Conselho distrital explicita que já existem possibilidades de contabilização de atividades a distância de maneira complementar na Educação Básica<sup>15</sup> e, em determinadas situações, como parte da carga horária no Ensino Médio

---

<sup>13</sup> Vale ressaltar que o Distrito Federal apresenta condições diferenciadas com relação à média nacional, como foi apontado por Cunha, Silva e Silva (2020) e Costa e Souza (2020). Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do DF é a mais conectada à internet no país, ficando acima da nacional em todas as faixas etárias. Cerca de 90% dos moradores da capital com mais de 10 anos de idade têm acesso à internet (IBGE, 2020; CRUZ, 2020).

<sup>14</sup> Ver Apêndice A, onde estão discriminadas e sintetizadas as normativas distritais relacionadas às atividades educacionais no período emergencial.

<sup>15</sup> O Conselho cita o: §4º do art. 32, Inciso VI, §11º do art. 36 e §3º do art. 80 da LDB; §13º e §15º do art. 17 da Resolução CNE/CEB 03/2018; Art. 2º da Portaria MEC Nº 2.117/2019; art.

e Superior<sup>16</sup> argumentou que não são os limites da sala de aula que caracterizam a atividade escolar. Baseando-se no §4º do art. 32 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) - que versa sobre a possibilidade de adoção da educação a distância no ensino fundamental em situações emergenciais<sup>17</sup> – o Conselho entende como praticável ampliar para toda a Educação Básica do DF o uso das TICs no contexto da emergência de saúde pública.

Nesse sentido, o Parecer nº 33 de 23 de março de 2020 do CEDF vai ao encontro de diversas normativas nos níveis federal, estadual e municipal. Ao tratar da educação no contexto pandêmico, esse documento aponta repetidamente sobre a necessidade de se utilizar as tecnologias digitais para minorar os impactos negativos do isolamento social no desenvolvimento dos estudantes brasileiros e, particularmente, do DF. A partir dessa diretriz, ficou autorizado o uso de TICs para a realização de atividades pedagógicas nas redes de ensino pública e privada do Distrito Federal.

Em 29 de maio de 2020, a Portaria Nº 129 instituiu o *Programa Escola em Casa DF* com o objetivo de fornecer (remotamente) conteúdos pedagógicos aos estudantes da rede distrital de ensino público. O Programa Escola em Casa DF continha três eixos de atuação: Pedagógico, Gestão de Pessoas e TICs. Assim, foi estipulado um conjunto de ações a serem implementadas por três frentes:

I – o Plano de Gestão Estratégica para a Realização das Atividades Pedagógicas Não Presenciais no Distrito Federal; II – o Plano de Gestão de Pessoas para os profissionais da educação em exercício nas unidades escolares da rede pública de ensino do Distrito Federal atuarem de forma remota; III – o Plano de Tecnologias da Informação e Comunicação no contexto pedagógico remoto (DISTRITO FEDERAL, 2020b)<sup>18</sup>.

Essas três frentes nortearam as ações para a retomada das atividades educacionais no DF. Considerando os decretos que suspenderam as aulas presenciais, os Pareceres nº 33 e 37 do CEDF, a Medida Provisória Nº 934, a Nota Técnica Nº 001/2020 - PROEDUC<sup>19</sup>, o Parecer Nº 5/2020 do CNE, além da LDBEN e

---

<sup>16</sup> Pode-se contabilizar até 20% da carga horária do Ensino Médio como a realização orientada de atividades a distância, podendo ser expandido para 30% no ensino médio noturno (CNE/CEB 03/2018). Nos cursos superiores pode compor 40% da carga horária total do curso (MEC nº 2.117/2019).

<sup>17</sup> “O ensino fundamental será presencial, sendo o ensino a distância utilizado como complementação da aprendizagem ou em situações emergenciais” (BRASIL, 1996).

<sup>18</sup> Artigo 2º da Portaria Nº 129 de 29 de maio de 2020.

<sup>19</sup> A Promotoria de Justiça de Defesa da Educação (PROEDUC) – por meio da Nota Técnica Nº



as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica fundamentaram o Plano de Gestão Estratégica para a Realização das Atividades Pedagógicas Não Presenciais na Rede Pública de Ensino do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2020c), validado com base no Parecer nº 47 – CEDF pela Portaria Nº 132 em 3 de junho de 2020. Esse Plano foi um dos principais documentos que orientaram retomada das atividades educacionais não presenciais no distrito. Apoiado pelos outros dois planos.

De acordo com a Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF),

a interrupção das atividades pedagógicas presenciais impactou nas condições de equidade e de igualdade de condições sociais. Assim, ao ofertar atividades pedagógicas não presenciais e validá-las, a Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal busca promover a igualdade e equidade, uma vez que possibilita o acesso, por meio de plataforma digitais, de teleaulas e de materiais impressos, aos objetivos de aprendizagem que os estudantes têm direito de aprender (DISTRITO FEDERAL, 2020c, p. 6).

Ao comentar os desafios diante do contexto do isolamento social, dramatizados pela desigualdade estrutural (SOARES; ALVES, 2003; ARROYO, 2010), a SEEDF afirma que a não oferta de atividades educacionais remotas diante do exposto significaria o abandono dos estudantes em uma circunstância social extremamente frágil. De modo que as atividades a serem ofertas “[...] são medidas determinantes no sentido de promover a equidade e mitigar as já gritantes desigualdades educacionais existentes em nosso país [...]” (DISTRITO FEDERAL, 2020c, p. 7). Ademais, a Secretaria também considera ser uma oportunidade de reflexão sobre outras práticas pedagógicas em outros espaços e, nesse aspecto, corrobora ideias desenvolvidas em outros âmbitos do território nacional, a exemplo da seguinte afirmação de Nascimento *et al.* (2020):

Não obstante os tantos óbices às atividades de ensino-aprendizagem em tempos de pandemia, urge estudá-las e dimensioná-las, a fim de mover o debate público da inércia paralisante do primeiro momento à efetiva tomada de medidas em busca da minimização dos inescapáveis impactos negativos que o momento impõe. (NASCIMENTO *et al.*, p.7, 2020).

---

001/2020 – posicionou-se favorável ao Parecer nº 33 por compreender que uso de TIC para atividades pedagógicas não presenciais no DF por estar de acordo com o ordenamento jurídico. E em 21 de maio, mediante Recomendação Nº 004/2020, tratou da necessidade do reestabelecimento do direito educacional no DF, apontando que os profissionais da educação vinculados à Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEEDF) retornar – imediatamente – às atividade laborais “[...] por meio de instrumentos de intermediação tecnológica (teletrabalho, teleaulas e aulas virtuais, entre outros) [...]” enquanto não houver determinação de retorno às aulas presenciais (MPDFT, 2020, p.6).

Dentre as alternativas morosamente desenvolvidas pelos estados e o Distrito Federal – como as teleaulas<sup>20</sup> –, a necessidade de um acompanhamento mais efetivo dos estudantes e o descontrole da pandemia levaram parte das unidades federativas a utilizar alguma plataforma digital que atuasse como um *ambiente virtual de aprendizagem* (AVA). Na capital, os dias letivos – suspensos no dia 11 de março de 2020 – retornaram no formato não presencial apenas no dia 17 de julho de 2020 por meio da plataforma *Google Sala de Aula*<sup>21</sup>.

Um dos desdobramentos do Programa Escola em Casa DF foi o patrocínio de internet pela SEEDF, ocorrendo no dia 16 de setembro de 2020 a liberação para uso gratuito por estudantes e professores.<sup>22</sup> A internet oferecida emergencialmente permitiu acesso – por meio de um aplicativo instalado no celular ou tablet – à plataforma *Google Sala de Aula* e ao *Google Meet*, de modo que a interação entre estudantes e professores mediada por esses ambiente virtuais tornou-se a principal medida emergencial do Distrito Federal para a oferta de Educação Básica na rede pública de ensino<sup>23</sup>. Dessa forma, uma parte considerável dos estudantes da capital, e particularmente da amostra de estudantes participantes desta pesquisa, passaram a acessar de maneira assíncrona materiais pedagógicos e atividades postados pelos professores das disciplinas na plataforma, além da realização de atendimentos (aulas) síncronos via *Google Meet*, organizadas a critério de cada Unidade de Ensino.

A complexa conjuntura exposta até aqui expressa alguns dos desafios aos quais as instituições e os profissionais da educação estiveram e, por ora, ainda estão submetidos mundialmente no contexto pandêmico e, particularmente, no Brasil, sobretudo em razão da notável diferença com a qual a pandemia atingiu determinadas comunidades escolares e certos grupos sociais. Nessa perspectiva, é premente o debate quanto ao *letramento digital* (XAVIER, 2007; COELHO; COSTA; MOTTA,

---

<sup>20</sup> Várias unidades da federação desenvolveram programações de aulas televisionadas. Ainda em 06/04/2020, aulas começaram a ser transmitidas no Distrito Federal, sendo suspensas posteriormente.

<sup>21</sup> A UNESCO considerou o Google Sala de Aula - *Google Classroom* – como uma das ferramentas mais eficientes para o Ensino Remoto Emergencial, havendo dobrado seu número de usuários, a plataforma atingiu cerca de 100 milhões de pessoas no mundo em 2020 (PARANÁ, 2020).

<sup>22</sup> Com o objetivo de atender estudantes e professores que não tinham computador ou acesso à internet de qualidade, a SEEDF custeou o acesso por meio de um recurso de cobrança reversa de dados. O aplicativo Escola em Casa DF permitia *smartphones* e *tablets* acessarem conteúdos disponibilizados na plataforma *Google Sala de Aula* (*Google Classroom*).

<sup>23</sup> Aos estudantes que permaneceram sem condições de acessar o ambiente virtual – por não ter um *smartphone* ou *tablet* - estabeleceu-se o envio de materiais pedagógicos físicos (Materiais Impressos) desenvolvidos pelos professores da disciplina e entregues fisicamente aos alunos por funcionários das próprias unidades escolares e/ou parceiros da comunidade escolar.

2021) como meio para a *inclusão digital* e para a *inclusão social* (BONILLA, 2011). Nesse sentido, a equidade social na contemporaneidade deve perpassar pelo acesso e pela capacitação para utilização das tecnologias digitais por parte dos aprendizes em idade escolar. A isolamento social obrigou o professorado a direcionar atenção às TICs e trouxe a urgência da reflexão sobre as possibilidades de uso na educação, em específico, no ensino de Ciências da Natureza e Física na Educação Básica.

O debate acerca da articulação entre TICs e a educação está em pauta no Brasil desde a década de 1980 e ainda precisa ser aprofundado (BONILLA, 2009), particularmente, pelas circunstâncias impostas ou aceleradas pela pandemia iniciada em 2020. As TICs – ou como alguns autores preferem, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) – fazem parte de um contexto amplo e crescente de digitalização da sociedade. Muitos estudiosos têm apontado que os aprendizes do século XIX não são os mesmos do século XX, cabendo refletir inadiavelmente sobre as estratégias adequados para os desafios atuais (BONILLA, 2009; 2011; COELHO; COSTA; MOTTA, 2021; MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020; SILVA *et al.*, 2019; XAVIER, 2007).

Nas últimas décadas a interação das pessoas com essas tecnologias se tornou cada vez mais cotidiana e indissociável de nossas práticas. Por isso, corroborase a ideia de que a aquisição de um *letramento digital* é uma necessidade educacional e de “sobrevivência” (XAVIER, 2017 apud VERGNA; DA SILVA, 2018, p. 116). Conforme Xavier (2007, apud VERGNA; DA SILVA, 2018, p. 117),

[...] os profissionais de educação e linguagem precisam desenvolver estratégias pedagógicas eficazes em seus mais variados espaços educacionais (salas de aula, laboratório de informática, por exemplo), para enfrentar os desafios que estão colocados: alfabetizar, letrar e letrar digitalmente o maior número de sujeitos, preparando-os para atuar adequadamente no Século do Conhecimento.

O termo *Século do Conhecimento* utilizado por Xavier (2007 apud VERGNA; DA SILVA, 2018) – de modo semelhante aos termos, *Sociedade do Conhecimento*, *Sociedade da Informação* ou *Sociedade da Aprendizagem* (COUTINHO; LISBÔA, 2011), que se referem em parte aos avanços tecnológicos e suas implicações epistêmicas e sociais – contrasta, em alguma medida, com o cenário que ficou evidente durante o período pandêmico, por exemplo, quando se nota que no ano de 2020 cerca de 5,7 milhões de estudantes da pré-escola ao Ensino Médio não tinham

acesso domiciliar à internet (banda larga ou 3G/4G) no Brasil. Cabendo destacar que o acesso domiciliar à internet também não garante, por si só, condições para processos de ensino e aprendizagem de qualidade. Até então, no *Século do Conhecimento*, existe um número massivo de jovens sem conexão de qualidade às redes, o que em momento tão dramático tornou-se um obstáculo concreto ao estabelecimento da educação formal, especialmente camadas mais fragilizadas da sociedade.

É justamente nesse sentido que a presente pesquisa se encaminha. Em tecer considerações e propor intervenções que, nesse caso, possam contribuir com o debate do uso de TICs no Ensino de Física, em particular, no âmbito Educação Pública. As ideias aqui desenvolvidas levam em consideração: (i) que a discussão sobre interface entre as TICs e o ensino de Física no Brasil precedem à pandemia e, por isso, a importância educacional desse tema extrapola o ato de procurar respostas emergenciais para crises como a que vivenciamos entre 2020 e 2021; (ii) que apesar do amplo debate e as propostas existentes na literatura com relação ao uso de TICs no ensino de Física, as propostas didático-pedagógicas devem ser adequadas à realidade escolar que, neste caso, estiveram submetidas às limitações da educação virtual e híbrida emergencial, além de especificidades locais anteriores à pandemia; e (iii) que, para percorrer a intrincada trajetória de investigação acerca do ensino de Física mediado por TICs nesse contexto, faz-se necessário de um aporte teórico para fundamentar a proposta e analisar as repercussões das estratégias aqui adotadas.

Nesse sentido, desenvolve-se neste texto uma pesquisa de caráter exploratório, que trata do ensino de Física na Educação Básica brasileira com base nas complexidades e nos desafios já apontados na literatura (MOREIRA *et al.*, 2017; 2021; SILVA; SALES; CASTRO, 2019), e considerando, em específico, o contexto pandêmico, nacional e regional descrito acima. Buscando-se aqui: elaborar, aplicar e avaliar as repercussões de uma sequência didática que, na perspectiva social cognitiva (BANDURA, 1977; 1986; 2001), objetivou: (1) mitigar os efeitos negativos do Ensino Remoto Emergencial (como a reprovação, evasão e o abandono escolar); (2) apresentar conceitualmente a Mecânica Newtoniana dentro do contexto das Ciências da Natureza<sup>24</sup>; e (3) refletir sobre estratégias para a promoção de maiores crenças de

---

<sup>24</sup> E assim, tentando contornar os problemas da aprendizagem mecânica, da memorização para testagem, e a segmentação do conhecimento científico em tópicos isolados, com repostas únicas, corretas e acabadas (MOREIRA, 2017).

autoeficácia, particularmente, na interface com as TDIC<sup>25</sup>. Assim, propomos e avaliamos com base na formulação teórica de Albert Bandura (1986) e seus leitores (AZZI; POLYDORO, 2006; FRAIHA, 2018; OLIVEIRA, 2016; 2017; SELAU *et al.*, 2019; SOUZA, 2007) as potencialidades de uma sequência didática para o ensino de Mecânica Newtoniana e promoção das crenças de autoeficácia para a disciplina de Física em um contexto emergencial em que a maioria (mais de 70%) dos estudantes acessaram o curso, parcial ou exclusivamente, por meio de um *smartphone*.

Em síntese, deseja-se refletir sobre a seguinte questão: *como promover um curso ou sequência didática de Física mediado por TDIC capaz de, dentro do contexto da Educação Pública brasileira, evitar os problemas do criticado ensino tradicional, ao mesmo tempo em que atua positivamente sobre as crenças de autoeficácia discente e, assim, possivelmente influenciando seus desempenhos?* A seguir, trata-se especificamente dos objetivos deste estudo.

## 1.2 Objetivos

No Distrito Federal, no Brasil e no mundo, muito tem-se discutido sobre os desafios do ensino emergencial não presencial, das vicissitudes de diversas naturezas vividas por grande parte das comunidades escolares na atual circunstância, da precariedade das condições objetivas e tecnológicas de diversas famílias, e de aspectos cognitivos, emocionais e comportamentais que afetam os estudantes em um contexto tão singular. Ensinar e aprender Física ou qualquer outra disciplina acadêmica em meio a uma pandemia e sem os meios apropriados para tal é, sem dúvida, um desafio. Cabe aos pesquisadores e aos profissionais da educação (dentre outros agentes) debaterem sobre as possibilidades de superação dos mais diversos problemas implicados e acentuados nessa conjuntura.

Um problema mundial – e que tem sido tratado particularmente na capital do Brasil – é o aumento de condições que favorecem a reprovação, a desistência e o

---

<sup>25</sup> Uma crença de autoeficácia pode ser compreendida como o julgamento de um indivíduo sobre suas capacidades para organizar e executar cursos de ação requeridos para obter determinados tipos de desempenho; diante de contexto e domínios específicos (BANDURA, 1986). De modo que o sistema de convicções de autoeficácia opera, nessa perspectiva, um dos mais importantes determinantes que regulam a motivação, o afeto e a ação humana (AZZI; POLYDORO, 2006). Sendo as crenças de autoeficácia um dos determinantes internos mais importantes para a performance acadêmica, moderando a motivação dos estudantes para o desempenho da disciplina de Física, bem como a quantidade de esforços empregados e a persistência para contornar os obstáculos, é premente examinar esse constructo no contexto escolar, principalmente em circunstâncias de adversidades.

abandono escolar, problemas que já afetam estudantes de cursos e disciplinas de Física (MOREIRA, 2017; LIMA *et al.*, 2020a; 2020b). Nessa perspectiva, torna-se essencial analisar fatores internos que moderam o comportamento, pensamentos e sentimentos dos estudantes; influenciando-os em suas escolhas por insistir ou desistir de suas atribuições, bem como desempenhá-las. Em particular, busca-se nesta pesquisa, compreender e intervir no aprendizado de Física na Educação Básica pública de forma acessível, motivadora e de qualidade.

Uma vasta literatura vem demonstrando nos últimos anos uma profunda relação entre as crenças de autoeficácia, as atitudes dos discentes e o desempenho acadêmico (BANDURA, 1993; 1997; JACOB, 2001; PAJARES; OLAZ, 2008; ROCHA, 2017; ROCHA; RICARDO, 2019; SOUZA; BRITO, 2008). A motivação para aprender Física tem sido objeto de estudo nos últimos anos, com destaque ao enfoque socio-cognitivista (BZUNECK, 2001; 2009; 2015; GOYA; BZUNECK; GUIMARÃES, 2008; FRAIHA, 2018; OLIVEIRA, 2016; ROCHA; RICARDO, 2014; 2016; 2019; 2021; SELAU *et al.*, 2019; SILVA; SALVES; CASTRO, 2019), e nesse novo contexto torna-se ainda mais urgente investigá-la. Estudantes com maior senso de eficácia em um determinada atividade, tópico ou disciplina, tendem à persistir diante das dificuldades e depreendem mais esforços para a superação de obstáculos, em particular, em uma disciplina acadêmica (AZZI; POLYDORO; 2006). Essas crenças influem em como os discentes se sentem, o que pensam e como agem (BANDURA, 2001; 2008). Por esse motivo, cabe investigar as crenças desenvolvidas por esses estudantes acerca das suas competências em aprender Física, em particular, nos formatos virtual e híbrido na Educação Básica do Distrito Federal dadas as condições emergenciais que atualmente se apresentam no biênio 2020-2021. E dessa forma, avaliar os impactos das intervenções propostas em relação ao aprendizado de Mecânica e às crenças de autoeficácia em respeito ao desempenho na disciplina de Física, fomentando o debate sobre a intersecção da Educação pública com as TDIC. É nesse sentido que nas seções a seguir apontamos nosso objetivo geral e os objetivos específicos.

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem, como objetivo geral, investigar as crenças de autoeficácia dos alunos do Ensino Médio em práticas de ensino de Física que utilizam TDIC.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De acordo com as discussões desenvolvidas até aqui, apresentamos os objetivos específicos deste estudo:

- (i) Revisitar a literatura sobre os seguintes temas: o ensino de física, focado no conteúdo sobre força newtoniana; o conceito de crenças de autoeficácia; e o uso de TDIC no ensino de Física;
- (ii) Propor e examinar as repercussões de uma sequência didática sobre Mecânica no contexto das Ciências da Natureza que utilizou recursos digitais na perspectiva proposta por Bandura (1977; 1986).
- (iii) Identificar e discutir as possíveis correlações entre: (1) as características socioeconômicas dos estudantes participantes da pesquisa; (2) as crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física no contexto do Ensino Remoto Emergencial; e (3) o desempenho discente em uma avaliação dos conhecimentos de Mecânica Newtoniana.
- (iv) Discutir a autoeficácia para o aprendizado de Física nos formatos virtual e híbrido a partir do estudo de caso realizado, propondo sugestões para a promoção das crenças de autoeficácia entre os alunos do Ensino Médio, sobretudo para o processo de ensino e aprendizagem de força com uso de TDIC.

### 1.3 Perspectiva de investigação

Esta dissertação está segmentada em cinco capítulos que tratam dos objetivos específicos acima discriminados. No Capítulo 2, Referencial Teórico, faz-se a revisão bibliográfica dos temas norteadores deste estudo: (a) o ensino de física, focada no conteúdo sobre força newtoniana; (b) o conceito de autoeficácia; e (c) o uso de TDIC no Ensino de Física. Para tanto, foi realizada uma busca sistemática por textos nas bases *Google Scholar*, *Scielo* e *Web of Science*, por meio do enfoque proposto por Mariano e Rocha (2017). Foram selecionados artigos e livros, de forma complementar, conforme os seguintes critérios: (i) *pertinência ao tema*, sendo acolhidos obras que se adequem a, pelo menos, um dos três temas acima indicados; (ii) *temporalidade*, sendo considerados textos publicados nos últimos cinco anos; e (iii)

*relevância acadêmica*, sendo acolhidas produções científicas de especialistas na área. Faz-se, portanto uma revisão de literatura sistemática baseada na Teoria do Enfoque Meta-analítico Consolidado – TEMAC (MARIANO; ROCHA, 2017) sobre a tríade de temas selecionados.

No Capítulo 3, Metodologia, aborda-se a metodologia aplicada neste estudo. De forma geral, esta pesquisa é de caráter exploratório, porque examina a aplicação de uma sequência didática em Ensino Remoto Emergencial (SILVA; ANDRADE; BRINATTI, 2020) que é um contexto inusitado e incomum em toda a história da educação brasileira e, particularmente, no ensino e no aprendizado de Física. É uma pesquisa aplicada, porque foi idealizada e, posteriormente, executada nos formatos virtual e híbrido de ensino a partir de recursos tecnológicos e acesso à internet<sup>26</sup>. A unidade escolar que participou da pesquisa aceitou colaborar com a pesquisa e o termo de consentimento se encontra no Apêndice J. Os alunos não foram identificados individualmente durante a pesquisa, pois o foco desta investigação é no escrutínio dos retornos e dos desempenhos dos participantes no processo de aprendizagem do conteúdo de mecânica newtoniana. Por isso, os dados foram coletados e analisados coletivamente, ou seja, os resultados das turmas e não de aluno por aluno.

Além disso, foram detalhados os procedimentos metodológicos utilizados, como o da busca por trabalhos de campo de investigação, da síntese dos documentos encontrados e dos instrumentos de medida aplicados para a análise da intervenção proposta – a saber, a *Metade do Inventário de Conceitos de Força (Half-length Force Concept Inventory)* proposto e avaliado por Han *et al.* (2015; 2016), e o questionário para verificação das crenças de autoeficácia baseado em Rocha e Ricardo (2019). Também foram apresentadas as propostas de sequência didática para o ensino de Mecânica, com foco no conteúdo das *Leis de Newton*; e os métodos de análise de correlação entre as variáveis de interesse (o desempenho, a autoeficácia e características socioeconômicas). Por esse motivo, discutiremos brevemente sobre aspectos históricos, conceituais e do papel basilar dessa formulação newtoniana na Física Clássica (POLITO, 2016; SANTANA, 2019). Em seguida, também se dialoga acerca de algumas definições essenciais para a fundamentação e compreensão da

---

<sup>26</sup> Aqui, o ensino virtual se refere ao formato adotado no primeiro semestre do letivo de 2021 no Distrito Federal, no qual os estudantes não iam à escola presencialmente, participando de um ensino completamente virtual. Em grande maioria, acessando as disciplinas e interagindo com os professores pela plataforma do *Google Sala de Aula* por meio do próprio *smartphone*.



proposta dessa pesquisa, como a de *sequência didática* (FERREIRA; SILVA FILHO, 2019; FERREIRA *et al.*, 2020) e a de *usabilidade pedagógica* (COELHO; COSTA; MOTTA, 2021) das TDIC.

No Capítulo 4, Aplicação de duas sequências didáticas, apresenta-se em detalhes as sequências didáticas desenvolvidas durante a pesquisa, bem como, é explicado o contexto de sua aplicação e da coleta de dados. Visto que esta pesquisa foi desenvolvida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio em um contato reduzido e mediado por TDIC, optamos – no contexto da Mecânica – apresentar com centralidade o conceito newtoniano de força. Para, em seguida, avaliar as repercussões das estratégias propostas.

Nesse mesmo capítulo, é descrita a aplicação realizada nos dois grupos de alunos. Um grupo foi submetido à proposta que aplica os constructos de *modelagem* e de *crenças de autoeficácia* (BANDURA, 2008), enquanto que ao outro submeteu-se uma sequência didática que emula um ensino convencional de Física. As duas sequências didáticas foram aplicadas a estudantes nos formatos virtual e híbrido<sup>27</sup>. Assim, discute-se os resultados obtidos nessas aplicações no capítulo seguinte.

No Capítulo 5, Discussão dos resultados, são discutidos os resultados das ações propostas, analisando as crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física e o desempenho dos estudantes por meio do *ganho percentual normalizado* ( $\langle g \rangle$ ) proposto por Hake (1998) em cada um dos grupos. Essas performances também são comparadas com repercussões relatadas na literatura. Ainda no Capítulo 5, são descritas as análises de correlação entre as crenças de autoeficácia e as características socioeconômicas citadas na seção acima.

Em seguida, há as considerações acerca das correlações analisadas e os apontamentos realizados sobre o campo de investigação e as contribuições do presente trabalho com base nos resultados encontrados. Seguem-se as referências, os apêndices e os anexos. Essa é a estrutura desta pesquisa, a qual, como dito, tem como empreitada descortinar as possibilidades das TDIC no ensino de Física no que concerne a aprendizagem de mecânica newtoniana.

---

<sup>27</sup> Isso significa que cada uma das duas sequências didáticas propostas foi aplicada duas vezes durante o ano de 2021. No primeiro semestre deste ano, a aplicação foi virtual (completamente remota), enquanto no segundo semestre a aplicação ocorreu de forma híbrida (pois os encontros/aulas foram presenciais).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Análise dos trabalhos do campo de pesquisa

Como expomos no capítulo anterior, faremos no presente capítulo um exame dos trabalhos do campo acerca dos temas norteadores da pesquisa: (a) o ensino de física, focado no conteúdo sobre força newtoniana; (b) o conceito de autoeficácia; e (c) o uso de TDIC no ensino de Física. O estudo de cada um desses objetos se desenvolveu na perspectiva de responder perguntas-chave. No caso do tema (a): *Como foi e é o ensino de física? Quais as tendências para o futuro? Como se ensina mecânica newtoniana?*; (b) *onde surgiu, quem propôs e quais estudos existem sobre o conceito de autoeficácia?*; (c) *como as TDIC e a Educação se relacionam? Como as TDIC são aplicadas no Brasil e no mundo? O que é Tecnologia Educacional? Como tem sido o uso de TDIC no ensino de física?*

Com a finalidade de tecer respostas para essas perguntas, buscamos obras nas bases de dados: *SciELO*; *SciELO Citations Index (SciELO CI)* por meio da plataforma *Web of Science (WoS)*; e no buscador *Google Scholar* por meio do software *Publish or Perish 7*, utilizando as três etapas da abordagem da Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC), proposta por Mariano e Rocha (2017). As etapas são, respectivamente: (1) a preparação da pesquisa; (2) a apresentação e a interrelação dos dados; e (3) detalhamento, modelo integrador e validação por evidências. Por intermédio desses três passos, identificamos a literatura de impacto e realizamos análises de acordo com leis bibliométricas (MARIANO; GOMES, 2017). No decurso das etapas, adotamos os seguintes critérios: (i) *pertinência ao tema*, (ii) *temporalidade* e (iii) *relevância acadêmica*.

A TEMAC é resultado da combinação entre duas abordagens: uma de revisão sistemática da literatura e outra bibliométrica (MARIANO; ROCHA, 2017)<sup>28</sup>. Destarte, a presente análise dos trabalhos do campo é exploratória e com enfoque quantitativo. A perspectiva da abordagem meta-analítica é buscar os trabalhos e autores mais

---

<sup>28</sup> A bibliometria pode ser compreendida como uma área de estudo métrico da informação. Santos e Kobashi (2009) afirmam que o campo da bibliometria, e as áreas correlatas: cientometria e infometria; confluem ao interesse de quantificar e interpretar os dados da produção científica. De modo que, recentemente, cresce o interesse pelo uso de técnicas que objetivam conhecer o estado-da-arte dos diferentes domínios do conhecimento, e técnicas estatísticas que permitem elaborar mapas que representam aspectos quantitativos e cognitivos da ciência.

relevantes em um domínio, destacando os autores e obras indispensáveis em um estudo de revisão, no qual se deseja compreender o estado da arte de um domínio. A TEMAC atua na revisão e na consolidação de abordagens mais antigas, reduzindo-as a três etapas. Mariano e Gomes (2017) propõem uma análise ampla da literatura científica, permitindo dentre outras coisas, visualizar as redes criadas pelas produções acadêmicas e, assim, encontrar os núcleos desses campos de pesquisa, além de um conjunto de outras informações pertinentes a uma revisão de literatura.<sup>29</sup> A primeira etapa dessa metodologia, a *preparação da pesquisa*, tem por objetivo responder, inicialmente, as seguintes perguntas: qual o descritor ou palavra-chave da pesquisa? Qual o espaço-tempo da pesquisa? Quais as bases de dados serão utilizadas? Quais as áreas de conhecimento serão utilizadas?

A seguir apresentamos o Quadro 3 no qual resumimos as perguntas da primeira etapa e as respectivas respostas construídas neste estudo.

**Quadro 3** – Primeira etapa da investigação – Preparação da pesquisa

| Tema | Etapa | Pergunta  | Resposta  |
|------|-------|---|---|
| a    | 1     | Qual o descritor, <i>string</i> ou palavra-chave da pesquisa? | "ensino de física";<br>"ensino de física" AND ("mecânica newtoniana" OR "física newtoniana" OR "força newtoniana" OR "mecânica clássica") |
|      |       | Qual o espaço-tempo da pesquisa?                              | Últimos cinco anos  |
|      |       | Quais as bases de dados serão utilizadas?                     | SciELO, SciELO <i>Citations Index</i> e <i>Google Scholar</i> .   |
|      |       | Quais as áreas de conhecimento serão utilizadas?              | Todas <sup>30</sup>   |
| b    | 1     | Qual o descritor ou palavra-chave da pesquisa?                | "ensino de física" AND (autoeficácia OR auto-eficácia OR "self-efficacy" OR bandura)  |
|      |       | Qual o espaço-tempo da pesquisa?                              | Últimos cinco anos  |
|      |       | Quais as bases de dados serão utilizadas?                     | SciELO, SciELO <i>Citations Index</i> e <i>Google Scholar</i> .   |
|      |       | Quais as áreas de conhecimento serão utilizadas?              | Todas   |
| c    | 1     | Qual o descritor ou palavra-chave da pesquisa?                | "ensino de física" AND (tic OR tics OR tdc OR tdcis)  |
|      |       | Qual o espaço-tempo da pesquisa?                              | Últimos cinco anos  |
|      |       | Quais as bases de dados serão utilizadas?                     | SciELO, SciELO <i>Citations Index</i> e <i>Google Scholar</i> .   |
|      |       | Quais as áreas de conhecimento serão utilizadas?              | Todas   |

Fonte: Elaboração própria baseada em Mariano e Rocha (2017).

<sup>29</sup> A TEMAC atua na consolidação de abordagens anteriores (ARENAS; GARCIA; ESPASANDIN, 2001; CRUZ; CORREA, 2004; 2005; MARIANO; GARCIA CRUZ; GAITÁN, 2011) agregando leis bibliométricas. No enfoque meta-analítico consolidado, são analisados diversos dados da produção acadêmica, por exemplo, as citações de uma obra científica, além das citações dos textos citados, em um amplo processo que permite encontrar autores e obras nucleares de um determinado campo (MARIANO; ROCHA, 2017).

<sup>30</sup> Todas, aqui, significa que em nenhum momento filtramos os artigos por alguma categoria de área de pesquisa.

Na segunda etapa, deseja-se encontrar as seguintes informações com relação aos temas: as revistas mais relevantes; revistas que mais publicaram sobre o tema; evolução do tema ano a ano; documentos mais citados; autores que mais publicaram; autores que mais foram citados; países que mais publicaram; conferências que mais contribuíram; universidades que mais publicaram; agências que mais financiam a pesquisa; áreas que mais publicaram e frequência de palavras-chave. A seguir, apresentamos o Quadro 4, no qual resumimos as perguntas da primeira etapa.

**Quadro 4** – Segunda etapa da investigação – apresentação e interrelação dos dados

| Tema                         | Etapa | Apresentação e interrelação dos dados                        |
|------------------------------|-------|--|
| a                            | 2     | Análise das revistas mais relevantes                         |
|                              |       | Análise das revistas que mais publicaram sobre o tema        |
|                              |       | Evolução do tema ano a ano                                   |
|                              |       | Documentos mais citados                                      |
|                              |       | Autores que mais publicaram e autores que mais foram citados |
|                              |       | Países que mais publicaram                                   |
|                              |       | Conferências que mais contribuíram                           |
|                              |       | Universidades que mais publicaram                            |
|                              |       | Agências que mais financiaram a pesquisa                     |
|                              |       | Áreas que mais publicaram                                    |
| Frequência de palavras-chave |       |  |

Fonte: Elaboração própria baseada em Mariano e Rocha (2017).

Então, na terceira etapa, sintetizada no Quadro 5, utilizou-se o *software* gratuito *VOSViewer* 1.6.16<sup>31</sup>, com o intuito de criar *clusters* de aproximação dos dados bibliográficos, resultantes das análises de coautoria, cocitação, coocorrência e *acoplamento bibliográfico* dos últimos 5 anos<sup>32</sup>. A seguir, apresentamos as informações obtidas nessa busca e na análise dos dados bibliométricos, ao passo que apresentamos a síntese das contribuições das obras mais relevantes encontradas.

**Quadro 5** – Terceira etapa da investigação – detalhamento, modelo integrador e validação por evidências

| Temas | Etapa | Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências  |
|-------|-------|---|
| a     | 3     | Análises bibliométricas: Co-citação, Coupling, Coautoria. Identificando relações entre autores, referências por colaboração ou citação. |
|       |       | As principais abordagens (Fichamento)   |
|       |       | Linhas de pesquisa (Lei de Zipf – co-ocorrência)  |

<sup>31</sup> Disponível em: <http://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>32</sup> As ferramentas que mais utilizamos do *software* *VOSviewer* foram: a de *Criar um mapa baseado nos dados bibliográficos* (*Create a map based on bibliographic data*); e de *Criar um mapa baseado em dados de texto* (*Create a map based on text data*). Utilizamos, neste estudo, as análises de *coautoria*, *co-ocorrência*, *acoplamento bibliográfico* e *co-citação*, o que deu origem aos mapas apresentados abaixo.

|  |  |
|--|--|
|  | Validação via evidências   |
|  | Modelo integrador por meio da comparação dos resultados das diferentes fontes. |

Fonte: Elaboração própria baseada em Mariano e Rocha (2017).

A seguir, examinaremos o tema (a) *ensino de física* na perspectiva de responder as seguintes perguntas: *Como foi e é o ensino de física? Quais as tendências para o futuro?* Ao final de outubro de 2021, realizou-se a primeira etapa da investigação sistemática da literatura relatada a seguir. Buscou-se pelo termo “ensino de física” nas bases de dados: (i) *SciELO*, por meio da plataforma *on-line sciELO.org*<sup>33</sup>; (ii) *SciELO Citation Index (SciELO CI)*, por meio da plataforma *Web of Science (WoS)*; e *Google Scholar*, por meio do aplicativo *Publish or Perish 7*<sup>34</sup>. Para fins desta pesquisa, as bases de dados da *SciELO* foram apropriadas, pois nos permitiram encontrar literatura na língua portuguesa e dados com qualidade e volume suficientes para análises mais profundas, especialmente na *SciELO CI*. Isso decorre, visto que a *WoS* é uma plataforma bem-conceituada nas diversas comunidades científicas (MARIANO; ROCHA, 2017). O *Google Scholar* permitiu realizar pesquisas muito amplas, contudo, com menor qualidade de meta-dados. De forma que, durante essa revisão, utilizamos as três bases citadas de forma complementar em cada uma das análises, explorando as possibilidades caso a caso, como é descrito em seguida.

Ao limitar a busca (nas três bases) por textos publicados nos últimos cinco anos, contemplamos diretamente o critério de *temporalidade*. Buscando pelo termo “ensino de física”, foram encontrados no *Google Scholar*, na *SciELO* e na *SciELO CI*: 981, 774 e 171 documentos, respectivamente (ver Quadro 6). A seguir, descreveremos os resultados de nossas análises desse conjunto de textos.

**Quadro 6** – Número de publicações encontrados na busca por “ensino de física” nos últimos cinco anos

| Local da busca | Total de textos encontrados | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Sem informação |
|----------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|----------------|
| SciELO CI      | 171                         | 34   | 31   | 21   | 42   | 43   | 0              |
| SciELO         | 774                         | 111  | 139  | 149  | 201  | 174  | 0              |
| Scholar        | 981                         | 187  | 182  | 169  | 171  | 87   | 185            |

Fonte: Elaboração própria.

<sup>33</sup> Disponível em: <https://www.scielo.org/>. Acesso no período relatado, outubro de 2021.

<sup>34</sup> “*Publish or Perish* é um programa de *software* que recupera e analisa citações acadêmicas. Ele usa uma variedade de fontes de dados para obter as citações brutas, então as analisa e apresenta uma gama de métricas de citação, incluindo o número de artigos, o total de citações e o *H Index*.” Disponível em: [https://harzing.com/resources/publish-or-perish\\_](https://harzing.com/resources/publish-or-perish_). Acesso em: 15 mar. 2022.

Observando o número de obras ano a ano, nos dados apresentados do Quadro 6, nota-se que houve crescimento e decréscimo ao longo dos cinco anos. No caso da *SciELO CI*, a quantidade de textos divulgados apresentou um pequeno aumento entre 2017 e 2021; na SciELO, um crescimento mais acentuado ocorreu no mesmo período; já no *Google Scholar*, houve uma diminuição substancial de textos publicados, especialmente entre os anos 2020 e 2021<sup>35</sup>. Acreditamos assim, que há uma tendência de crescimento do número de publicações sobre o tema do ensino de física nos últimos cinco anos, considerando os dados da *SciELO* e *SciELO CI*.

Buscamos identificar os periódicos com maior Fator de Impacto (FI), pois esse índice pode ser utilizado como um indicativo de relevância de um periódico (MARIANO; ROCHA, 2017; MARIANO; GOMES, 2017). Nesse sentido, a plataforma WoS, por meio da *Journal Citation Reports (JCR)*<sup>36</sup> nos permitiu fazer uma primeira incursão. Os 171 textos encontrados na *SciELO CI* enquadravam-se nas seguintes áreas/categorias: (i) *Education, Educational Research* (162), (ii) *Physics, Multidisciplinary* (111), (iii) *Education, Scientific Disciplines* (19), (iv) *Education, Special* (3) e (v) *Social Sciences, Interdisciplinary* (3). Mesmo assim, ao buscar pelo FI das revistas dessas categorias, não foram encontrados os periódicos que publicaram o conjunto de 171 obras encontradas. Conseqüentemente, não foi possível observar o FI das revistas que trataram do ensino de física entre 2017 e 2021 nessa base.

Buscou-se, então, identificar a origem dessas publicações para, em seguida, avaliar outros índices relacionados à relevância dos jornais científicos. Apresenta-se abaixo o Quadro 5, que lista as revistas responsáveis pela publicação dos artigos nas bases anteriormente citadas<sup>37</sup>. A *Revista Brasileira de Ensino de Física* (São Paulo) é notadamente a que tem mais publicações sobre o tema, seguida dos periódicos *Ciência & Educação* (Bauru) e *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte). Pelo fato dessas revistas não constarem no *ranking* de Fator de Impacto

---

<sup>35</sup> É importante salientar que apesar do *Publish or Perish 7* ter encontrado 981 textos no *Google Scholar*, limitados temporalmente entre os anos 2017 e 2021, os dados importados pelo *software* não permitiram identificar o ano de 185 publicações. Por esse motivo, a análise ano a ano nessa base ficou prejudicada, e deve ser interpretada com cautela.

<sup>36</sup> Devido ao padrão de qualidade exigido dos periódicos presentes na *SciELO Citations Index*, consideramos que esse recorte do universo de textos encontrados é, por si só, uma forma de filtrar artigos de revistas relevantes.

<sup>37</sup> Excluindo-se o *Google Scholar*, visto que dada a amplitude da pesquisa, parte importante dos dados sobre as revistas de origem continham imprecisões e, por isso, tornou inviável trabalhar com essas informações dessa base.

na JCR<sup>38</sup>, buscou-se outros índices, a saber: o h5 do *Google Scholar* e as classificações Qualis Periódicos da CAPES.<sup>39</sup> O resumo dessas informações pode ser visto no Quadro 7.

**Quadro 7** – Número de publicações por revista encontradas na busca por “ensino de física” nos últimos cinco anos e os respectivos índices de qualidade/relevância do periódico

| Nome das revistas   | Nº de artigos na SciELO CI | Nº de artigos na SciELO | Índice h5                           | Qualis           |
|---|----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Revista Brasileira de Ensino de Física                                      | 111                        | 724                     | 18                                  | A1               |
| Ciência & Educação  | 22                         | 22                      | 19                                  | A1               |
| Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências                                    | 15                         | 11                      | 23                                  | A1               |
| Educação em Revista   | 4                          | 3                       | 22                                  | A1               |
| Revista Electronica de Investigacion en Educacion en Ciencias               | 4                          | 4                       | Não aparece entre as cem primeiras. | A2               |
| Revista Brasileira de Educação Especial                                     | 3                          | 3                       | 17                                  | A1               |
| Estudos Avançados   | 2                          | 2                       | 30                                  | A2 <sup>40</sup> |
| Revista Iberoamericana de Tecnologia en Educacion y Educacion en Tecnologia | 2                          | 2                       | Não aparece entre os cem primeiras. | B1               |
| Revista Lasallista de Investigacion   | 2                          | 0                       | Não aparece entre os cem primeiras. | -                |
| Tecne Episteme Y Didaxis Ted  | 2                          | 0                       | Não aparece entre os cem primeiras. | -                |
| Educar em Revista   | 1                          | 1                       | 21                                  | A1               |
| Pro-posições  | 1                          | 1                       | Não aparece entre os 100 primeiros. | A1               |
| Revista Brasileira de Educação  | 1                          | 1                       | 27                                  | A1               |
| Revista Científica  | 1                          | 0                       | Não aparece entre os 100 primeiros. | -                |

Fonte: Elaboração própria.

Na base da *SciELO CI*, dos 171 trabalhos achados, os países Canadá, Espanha, Equador publicaram um texto cada; Dinamarca, Estados Unidos e Portugal, dois textos; Colômbia, quatro; e Brasil, 158. Os registros encontrados na *SciELO CI* apontam a Universidade Federal do Rio Grande do Sul como a instituição com mais publicações (20), seguida pela: Universidade de São Paulo (10), Instituto Federal de

<sup>38</sup> Mariano (2018) aconselha utilizar o Fator de Impacto dos periódicos como indicador de sua relevância em um campo. Contudo, nenhuma das revistas encontradas na busca por “ensino de física” constou nos *rankings* do JCR. Por esse motivo, utilizamos outros índices relacionados ao impacto e a relevância das revistas.

<sup>39</sup> O índice *h* ou *h-index* é um valor que se propõe a indicar o impacto ou a produtividade acadêmica de um autor, uma instituição ou revista; relevando o número *h* de obras que foram citadas pelo menos *h* vezes. Por exemplo, um autor com *h-index* igual a 10, tem 10 obras com pelo menos 10 citações.

<sup>40</sup> Segundo o site do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.

Educação (9), Universidade Federal do ABC (8), Universidade Federal de Santa Maria (7), Universidade Estadual de Campinas (7), Universidade Federal de Santa Maria (7) e a Universidade de Brasília (6), foi a oitava que mais publicou sobre ensino de Física nesse período na ScieELO CI. Não foram encontrados quaisquer dados relativos a conferências e agências financiadoras.

No tocante ao número de citações, comparamos os dados da Google Scholar e SciELO CI de forma complementar, visto que a plataforma da SciELO não permite essa verificação diretamente. No *Google Scholar*, o autor mais citado é Marco Antônio Moreira com 168 citações, sendo (MOREIRA, 2017; 2018) os dois artigos mais citados dos 981 encontrados por esse mecanismo. Em seguida, aparecem Gilvandenys Leite Sales (78), Ives Solano Araújo (72), Fernanda Ostermann (61), Eliane Angela Veit (56), João Batista da Silva (44), Matheus Monteiro Nascimento (39), Terrimar Pasqualetto (34), Juscileide Braga de Castro (32), Fabiana Kneubil e Maurício Pietrocola, ambos com 30 citações. Na WoS, nos deparamos com valores bem mais modestos, Moreira (2018), Silva e Bastos (2017) e Nascimento *et al.* (2017) são os mais citados com apenas dois registros. Silva, Sales e Castro (2019), Diniz e Santos (2019), Carvalho e Sasseron (2018), Souza e Santos (2018), Leite e Garcia (2018), Corrêa, Passos e Arruda (2018), Pugliese (2017) e Zambon (2017) têm apenas um registro de citação na base. O Quadro 8 resume as contribuições dessas obras.

Com o objetivo de sintetizar as informações acerca das palavras-chave das 171 obras descobertas na WoS, foi utilizada a ferramenta de análise de conteúdo *TagCrowd*<sup>41</sup>, originando a nuvem de palavras apresentada na Figura 1, em que cada *keyword* é acompanhada por sua frequência nos textos, e o tamanho palavra é proporcional a frequência da palavra-chave nos textos. Essa visualização nos auxilia na identificação das principais linhas de pesquisa do domínio em questão (MARIANO; GOMES, 2017). Segundo Mariano e Gomes (2017), após a validação dos dados<sup>42</sup>, as palavras-chave permitem agrupar e classificar os trabalhos.

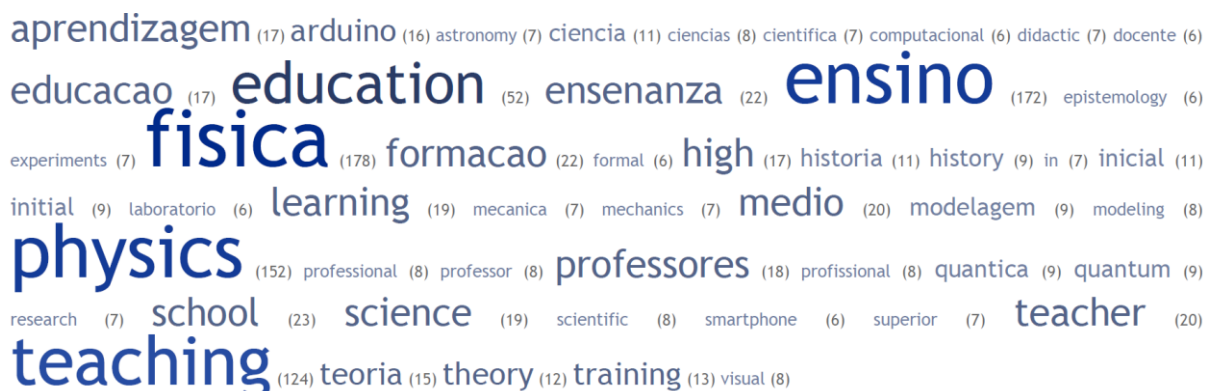
---

<sup>41</sup> Disponível *online* e gratuitamente em: <https://tagcrowd.com>. Acessado em: 15 mar. 2022.

<sup>42</sup> De acordo com Mariano e Rocha (2017), a partir dos dados encontrados, a validação deve ser feita por especialistas sobre o tema, por exemplo, legitimando se as palavras-chave estão de acordo com o domínio da pesquisa. Isso será feito por grupo focal em estudos posteriores, como sugestão desta pesquisa.



**Figura 1** – Nuvem de palavras que evidencia as 50 *keywords* mais frequentes nas 171 obras encontradas na SciELO CI entre os anos 2017 e 2021



Fonte: Elaboração própria com uso *online* do *TagCrowd*.<sup>43</sup>

Pode-se visualizar que os termos mais frequentes são: física, ensino, *physics* e *teaching* que compreendem o tema dessa pesquisa: Ensino de Física e seu equivalente na língua inglesa, *Teaching Physics*. Em seguida, aparecem: *education*, *school*, *enseñanza*, formação, médio, *teacher*, *science*, *learning*, professores, *high*, aprendizagem e educação; o que indica que as temáticas orbitam tópicos da educação, sobretudo escolar e em etapa secundarista<sup>44</sup>, tratando igualmente do: professor, da aprendizagem, da história da ciência e da educação. Ainda, em menor frequência, se apresentam linhas de pesquisa relacionadas: ao Arduino, teoria, formação de professores<sup>45</sup>, física ou mecânica quântica, modelagem, mestrado profissional e formação profissional (secundarista), experimentos, mecânica, astronomia e, ainda, da educação superior, divulgação e pesquisa científica, epistemologia e uso computacional, de *smartphone* e laboratório.

Os autores que publicaram mais de três artigos sobre o tema (a) na base WoS<sup>46</sup>, foram: Eliane Angela Veit (8), Ives Solano Araújo (6), Carlos Alberto dos Santos (4), Leonardo Albuquerque Heidemann (4), Adriana Gomes Dickman (3), Tobias Oliveira (3), Vitor L. B. de Jesus (3), Neusa Teresinha Massoni (3), Fernanda Ostermann (3), Giselle Watanabe e Patrick Alves Vizzotto (3), que também constam no Quadro 8.

<sup>43</sup> Foram excluídas as palavras: and, da, de, do, em, la, e of.

<sup>44</sup> Ensino Médio ou, equivalentemente, na *High School*.

<sup>45</sup> Um processo de busca foi utilizado para o auxílio da identificação dessas áreas. Buscando pelo termo *inicial* nas palavras-chave e resumos, deduzimos que essa palavra é frequentemente utilizada para referir-se ao tema da *initial teacher training* e o equivalente *formação inicial de professores*.

<sup>46</sup> Não foi possível obter essa informação diretamente na plataforma da SciELO. e as inconsistências dos dados sobre os autores obtidos no *Google Scholar* impossibilitaram uma primeira aproximação por essa base.

**Quadro 8** – Síntese das contribuições das obras mais citadas dos autores com mais publicações sobre o ensino de física ou das obras mais citadas no geral de 2017 a 2021

| Autor              | Ano  | Título  | Contribuições   |
|--------------------|------|---|---|
| Moreira            | 2017 | Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea    | É apresentado um panorama de crise da Física na Educação Básica, na qual, se estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. O autor comenta: a falta e/ou despreparo docente e as más condições de trabalho; o pequeno número de aulas e a gradual perda de identidade do currículo. Discute o que é: comportamentalismo, aprendizagem mecânica e significativa (crítica), educação bancária e dialógica, situação que faça sentido, conceito fora de foco e modelo da narrativa. Afirma que o ensino de ciências no século XXI é: centrado no professor, mormente do tipo “ensino para testagem”, não há integração entre disciplinar, favorecendo compartimentalizações. Moreira defende que deveria ser: centrado no aluno e na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos, fazendo uso intensivo de TICs, com o professor e computador como mediadores e preocupar-se em desenvolver talentos, não os procurar.  |
| Moreira            | 2018 | Uma análise crítica do ensino de Física                               | Moreira (2018) esclarece que desde a década de 1980 existem encontros nacionais, revistas de pesquisa, pós-graduação e muitas outras atividades que consolidam o surgimento da área de ensino de física. Mas que, paradoxalmente, o ensino está em crise. Comentando o pequeno número de horas-aula, falta de laboratórios e professores obrigados a treinar alunos para dar respostas certas, em geral, da maneira tradicional (modelo de narrativa, educação bancária e comportamentalista) não ultrapassando da Mecânica Clássica. O que produz pensamentos, sentimentos e ações negativas dos discentes com relação ao ensino de física. O autor sugere: o abandono do ensino tradicional; desenvolver competências científicas e tecnológicas, fazendo uso intensivo de TICs, atentarmos para a pesquisa translacional e valorização da produção técnica, não aceitar o ensino para testagem, mudar o currículo e o ensino na graduação de Física e atualizar o currículo do Ensino Médio.   |
| Silva Sales Castro | 2019 | Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física | Apresenta resultados de ganho <g> de aprendizagem ocasionado por meio da gamificação nas aulas de Física no Ensino Médio. Os autores explicam que a gamificação é o uso de elementos de <i>design</i> de jogos no ambiente da aprendizagem, com a intenção de motivar, engajar e melhorar o desempenho discente. Silva, Sales e Castro (2019) Relatam o estudo realizado com dois grupos (controle e experimental) aos quais foram submetidos a pré e pós-testes, e analisados o ganho normatizado (HAKE, 1998). Os autores reafirmam os desafios colocados por Moreira (2018), e declaram: que a sociedade passou por mudanças comportamentais devido ao avanço das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC, e que pesquisas devem buscar novas metodologias visando o engajamento e motivação dos alunos do século XXI. Na aplicação descrita por Silva, Sales e Castro (2019) o grupo experimental submetido à estratégia de gamificação teve ganho médio superior ( $g=0,38$ ) ao controle ( $g=0,11$ ) com aulas tradicionais. |

|                                   |      |  |   |
|-----------------------------------|------|--|---|
| Pasquelett<br>o<br>Veit<br>Araújo | 2017 | Aprendiza-<br>gem baseada<br>em projetos no<br>Ensino de<br>Física: uma<br>revisão da<br>literatura  | Pasqualetto <i>et al.</i> (2017) apresentam uma revisão de literatura sobre a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) – metodologia colaborativa baseada na resolução de problemas e interdisciplinaridade – no ensino de física. Exibem um panorama histórico da ABP e das publicações a fim de identificar/descrever as principais concepções e orientações metodológicas e das referências utilizadas. Os resultados indicados pelos autores foram da: predominância da metodologia qualitativa nas pesquisas sobre ABP, importante dispersão das concepções e orientações e descuido nos referenciais teóricos de aprendizagem.  |
| Lima<br>Ostermann<br>Cavalcanti   | 2017 | Física<br>Quântica<br>no ensino<br>médio: uma<br>análise<br>bakhtiniana<br>de<br>enunciados<br>em livros<br>didáticos<br>de Física a-<br>provados no<br>PNLDEM<br>2015 | Lima <i>et al.</i> (2017) apresentam uma análise dos enunciados – de quatorze obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLDEM) em 2015 – acerca da Física Quântica (FQ). Os autores avaliaram i) quais são os enfoques utilizados para introduzir Física Quântica; ii) os conceitos apresentados; e iii) as visões epistemológicas apresentadas nos livros. E concluíram que todos as obras utilizam abordagem histórica, apresentando os problemas dos modelos clássicos e limitados à “velha” FQ. Doze dos livros exibem uma visão linear e fragmentária, na qual a história limita-se à história dos experimentos (indutivismo ingênuo), de viés positivista, baseados em referências da graduação em Física, apresentando erros e contradições. Afirmam, ainda, que apesar das propostas do PNLDEM 2015, os livros aprovados são simplistas, pragmatistas e ingênuos, sendo a FQ subserviente a um projeto político-social ocupado das demandas das décadas de 60 e 80, fazendo-se necessário o ensino de FQ que prefira discussões epistemológicas e conceituais.  |
| Nasciment<br>o<br>Cavalcanti      | 2018 | Uma busca<br>por questões<br>de física do<br>ENEM<br>potencialmen-<br>te não<br>reprodutoras<br>das<br>desigualdades<br>socioeconômi-<br>cas                           | Nascimento e Cavalcanti (2017) discutem o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), segundo maior exame em escala do mundo, e a possibilidade de ruptura com conhecido desde 1960: a relação entre desempenho e nível socioeconômico dos estudantes nos exames e larga escala. Os autores se propõem a encontrar questões de Física menos associadas com o esse índice social, que poderiam ser utilizadas em uma seleção mais justa socialmente. Com esse intuito, Nascimento e Cavalcanti (2017) realizam uma Análise Fatorial de Informação Completa, encontrando os itens com menor variabilidade de acertos entre os sete grupos socioeconômicos – segmentados a partir de uma composição do capital econômico e cultural institucionalizado (dimensão do capital cultural bourdieciano). Dentre as conclusões, os autores entendem que questões quantitativas estão mais relacionadas aos níveis socioeconômicos. E defendem que poderiam ser criadas bancos de questões com determinadas características, sendo menos correlacionadas ao fator socioeconômico e com discriminação suficiente para o uso do ENEM para o acesso a cursos superiores |
| Kneubil<br>Pietrocola             | 2017 | A pesquisa<br>baseada em<br>design: visão<br>geral e<br>contribuições<br>para o ensino<br>de ciências  | Kneubil e Pietrocola (2017) explicam que a <i>Design-Based Reseach</i> (DBR), germinada na década de 1990 no contexto de projetos de atualização/renovação curricular no ensino de ciências, especialmente na Europa. Ainda, que a (DBR) abarca uma metodologia que busca integrar perspectivas da pesquisa em educação com as práticas educacionais, que tem sido utilizada para planejar/implementar/avaliar <i>Teaching-Learning Sequences</i> (TLS) – traduzido como sequência de ensino-aprendizagem. Assim, os autores  |

|  |      |   |  |
|--|------|---|--|
|  |      |   | apresentam um panorama sobre a DBR e as TLS. E propõem que a pesquisa em ensino de ciências seria beneficiada em utilizar a metodologia DBR/TLS.   |
| Silva Bastos   | 2017 | Uma proposta metodológica para o estágio curricular supervisionado na EAD: articulações entre CEK e Grupo Cooperativo                                 | Silva e Bastos (2017) analisam: 1) os resultados de uma proposta metodológica para o estágio curricular supervisionado na Educação a Distância (EaD), baseado na Teoria dos Construtos Pessoas (KELLY, 1963) atrelado ao método de aprendizagem cooperativa; 2) as concepções sobre os aspectos que favorecem/desfavorecem a atuação do estagiário de um grupo de representantes, a escolha da profissão de professor de Física dos licenciandos, e os aspectos que consideram relevantes para a prática docente; 3) as contribuições da experiência da metodologia para a formação inicial de professores modalidade na EaD.  |
| Nascimento Ostermann Cavalcanti                          | 2017 | Análises multidimensional e Bakhtiniana do discurso de trabalhos de conclusão desenvolvidos no âmbito de um mestrado profissional em ensino de Física | Nascimento <i>et al.</i> , (2017) analisam quantitativa e discursivamente os produtos educacionais desenvolvidos no contexto de um curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Segundo os autores: o estudo quantitativo do universo de produtos indica uma concepção ingênua por parte dos pesquisadores, com relação a exigência dos referenciais teóricos como fundamento; e o estudo discursivo de textos de apoio, com foco na Física Clássica, indicando pouca frequência da articulação entre aporte teórico, as questões-foco, o desenvolvimento/aplicação/avaliação do produto. Os autores concluem também, que os textos de apoio estudados não se justificam frente materiais didáticos já disponíveis ou não são aplicáveis em realidades semelhantes ao do público-alvo.  |
| Silva Tavares Watanabe Halmen-schlager Strieder Hunsche. | 2019 | Elementos da abordagem temática no Ensino Médio: sinalizações para formação de professoras e de professores   | Silva <i>et al.</i> (2019) realizam uma investigação qualitativa acerca da abordagem de temas inseridos na ação de professores de Física que tiveram em sua formação o debate da Abordagem Temática. Questionários e entrevistas semiestruturadas aplicadas a dezoito docentes foram utilizadas em uma análise de conteúdo, de acordo com as categorias: natureza do tema; e critérios de seleção. Silva <i>et al.</i> (2019) destacam dos resultados que os a maioria dos docentes da análise têm desenvolvido temáticas contextuais, considerando o contexto dos estudantes e estabelecendo relação entre os conceitos e aspectos da vida dos estudantes.  |
| Diniz Santos   | 2019 | Ensinando atomística com o jogo digital “Em busca do Prêmio Nobel”  | Diniz e Santos (2019) apresentam um produto educacional que aborda conteúdos de atomística por meio do jogo <i>Em Busca do Prêmio Nobel</i> <sup>47</sup> . Os autores descrevem a interface do jogo e destacam que as telas de transição que atuam como o Narrador nos jogos de RPG, simulando um orientador acadêmico. O jogo utiliza questões similares às do ENEM. Para avaliar a aplicação desse produto, os participantes da pesquisa apresentaram suas experiências em um evento e uma entrevista foi realizada com os cinco estudantes que concluíram o jogo. Todos os concluintes relataram gostar do jogo e acreditar que ele contribuiu para melhorar o conhecimento do assunto. Dos aspectos que desagradaram os estudantes: um se referiu a instabilidade do jogo no celular; dois comentaram acerca da inserção de mais ilustrações nas questões e nos hipertextos; todos reclamaram da repetição de questões. Os hipertextos disponibilizados na “biblioteca” agradaram a todos e o que |

<sup>47</sup> Disponível em: <http://www.jp-nobel.com.br/>. Acessado em: 15 mar. 2022.

|                            |      |  |  |
|----------------------------|------|--|--|
|                            |      |  | mais agradou os estudantes foi a dinâmica do sistema que levava o jogador para a biblioteca ao errar a questão.  |
| Carvalho<br>Sasseron       | 2018 | Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores                              | Nesse artigo, as autoras: discutem os aspectos necessidades para o planejamento e a implementação de aulas de física, no qual o foco está no ensino e na aprendizagem; propõem conhecimentos que os professores de física deveriam considerar em sua prática; e destacam o papel das atividades argumentativas e investigativas, apontando possibilidades para a formação inicial de professores. Carvalho e Sasseron (2018) defendem que dada a complexidade da atividade docente é importante, na formação de professores, haja o debate acerca dessa problemática e da necessidade de planejar o trabalho pedagógico.   |
| Souza<br>Santos            | 2018 | A exigência conceitual na prática pedagógica de dois professores de Química que ensinam Química e Física | O artigo de Souza e Santos (2018) discutem acerca de uma problemática comum nas escolas públicas do Brasil: aulas lecionadas por professores licenciados para outra disciplina. A pesquisa – realizada por meio da observação participante – investiga o nível de exigência conceitual na prática de dois professores formados em Química que lecionam Física e Química no Ensino Médio, pela perspectiva da teoria do discurso pedagógico de B. Berstein (1998) e da concepção de exigência conceitual de A. M. Morais (1991; 2018). Como resultados, mas sem possibilidade de generalização, os dois professores demonstram baixa exigência conceitual, de acordo com os autores, influenciados por dois fatores: a formação inicial docente em outra área e o nível socioeconômico dos discentes.   |
| Leite<br>Garcia            | 2018 | A formação inicial de professores e o livro didático de Física: passos e descompassos                    | Leite e Garcia (2018) realizam uma revisão teórica sobre os modelos docentes: racional técnico, prático reflexivo e intelectual transformador. Realizam uma análise de conteúdo a partir das respostas de um questionário aplicado a professores e coordenadores de cursos de Licenciatura em Física da região sul do Brasil. Os resultados da pesquisa evidenciaram a diferença entre formação em Física e a prática pedagógica dos licenciados, e a subutilização do livro didático por isso, Leite e Garcia (2018) defendem que na formação inicial, deve-se almejar o modelo intelectual transformador, sendo necessário condições estruturais e de trabalho para isso. Visto o volume de recursos públicos destinados à produção, avaliação e distribuição de livros, é problematizado, a falta de investimento na formação docente e melhores condições para a docência. |
| Corrêa<br>Passos<br>Arruda | 2018 | Metacognição e as relações com o saber   | Por meio de uma entrevista coletiva, examinada com base na Análise Textual Discursiva, os autores estudaram a metacognição de um grupo de estudantes do Ensino Médio por meio das relações com o saber. A base análise da percepção dos estudantes acerca o próprio processo de aprendizagem, Corrêa <i>et al.</i> (2018) afirmam que o saber, o sentir e o valorar relacionam-se com o processo metacognitivo (epistêmicos, pessoais e sociais); e que o planejamento, o monitoramento e a avaliação relativas a aprendizagem é influenciada por emoções e autorreflexões. De modo que a autorregulação decorre mediante reflexões que emergem do contato com o outro e o mundo.  |

|                           |      |   |   |
|---------------------------|------|---|---|
| Pugliese                  | 2017 | O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico | Pugliese (2017) analisa a atividade do professor por meio da lógica capitalista contemporânea e o desenvolvimento do ensino e da pesquisa em ensino de física. A investigação se deu por meio de questionários aplicados a dezesseis professores da rede pública de São Paulo que lecionavam física no Ensino Médio, portanto esse foi um estudo de caso. A partir disso, Pugliese (2017) discute e contrasta a realidade encontrada, a vontade e a necessidade com relação ao ensino de física. O autor defende que para uma formação científica cidadã, autônoma, crítica e democrática é necessário o rompimento da atual estrutura do trabalho docente.   |
| Zambon Terrazzan          | 2017 | Livros Didáticos de Física e Sua (Sub)utilização no Ensino Médio  | Zambon e Terrazzan (2017) aplicaram 27 questionários e realizaram nove entrevistas com professores de Física de Escolas Públicas de Educação Básica (EPEB), com o intuito de investigar a utilização de Livros Didáticos (LD). Ao final do estudo, afirmam que os docentes não se limitam ao LD, mas assimilam uma forma de ensinar física que se configura na relação da tradição naturalizada – que tem como foco em resolução de exercícios – e a experiência do professor. De acordo com o estudo, os LD não exercem papel importante, por vezes utilizados para preparar aula ou lista de exercícios, com parte relevante usando outros materiais, fatos já descritos a muito na literatura. Segundo os autores, essa forma de ensino não se alterou, mas foi reafirmada com mais intensidade a partir do Programa Nacional do Livro Didático.   |
| Campomanes Heidemann Veit | 2020 | Modelo de associação de molas em paralelo em atividades de ensino de Física: uma análise do domínio de validade                                   | Campomanes <i>et al.</i> (2020) discutem o desafio dos professores de Física ao tratarem da relação entre teoria e realidade, sendo comum nos livros didáticos a utilização de idealizações sem debate de sua relação com o mundo vivencial do estudante. Os autores afirmam que o enfoque na modelagem científica é, conseqüente, promissor. Nessa perspectiva, os modelos mediam as relações entre teoria e realidade por meio de uma representação simplificada. E conseqüentemente, os modelos científicos possuem domínios de validade. Campomanes <i>et al.</i> (2020) examinam um problema específico: da associação de molas; e dos problemas da modelagem tradicional que, dentre outras coisas, assume que a distensão das molas em paralelo deverá ser a mesma. Os autores propõem uma expansão do modelo tradicional, acreditando que esse debate possa ser útil tanto para a abordagem de conteúdos científicos, quanto para a discussão acerca da natureza da Ciência (e suas respectivas implicações). |
| Santos Dickman            | 2019 | Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio  | Nesse artigo, Santos e Dickman (2019) relatam a elaboração e aplicação de quatro estratégias distintas que fizeram uso de laboratórios reais e virtuais para a aprendizagem de conteúdos de eletricidade. Segundo os autores, os resultados das aplicações apontam que as abordagens experimentais real e virtual demonstra vantagem com relação as aulas teóricas. Santos e Dickman (2019) critica o fato das aulas de Física na Educação Básica se limitarem frequentemente à exposição docente e resolução de exercícios, sem práticas de laboratório ou uso de TIC; o que contribuiu para tornar a Física sem sentido e desestimulante. A aplicação das estratégias em turmas de terceiro ano do Ensino Médio indicara que as abordagens experimentais (reais e virtuais) contribuem para a assimilação do conteúdo, para o interesse e motivação dos estudantes. Cada uma das abordagens experimentais reais e virtuais apresentam   |

|                             |      |  |  |
|-----------------------------|------|--|--|
|                             |      |  | pontos fortes e fracos, por isso, os autores propõem uma associação para as abordagens.  |
| Selau Oliveira Araujo Veit  | 2019 | Fontes de autoeficácia e atividades experimentais de física: um estudo exploratório  | A investigação de Selau <i>et al.</i> (2019), de forma exploratória, busca compreender as influências do método ativo Episódios de Modelagem (EM) em uma disciplina experimental de graduação em Física sobre as crenças de autoeficácia discente em: aprender física, realizar atividade experimental e trabalhar colaborativamente. A partir dos resultados, discutem que os EM oportuniza três fontes de autoeficácia. Os pesquisadores apontam a necessidade de ressignificação das aulas experimentais, e que propostas surgem na literatura, como o da aprendizagem por modelagem científica (HEIDEMANN, 2015) que buscam conectar teoria e prática, além de proporcionar o trabalho coletivo. Na literatura, métodos ativos vêm sendo propostos nesse sentido, buscando promover crenças e atitudes positivas relativas às atividades experimentais, promovendo a compreensão do processo de modelagem científica. Selau <i>et al.</i> (2019) defendem que uma razão para o uso de métodos ativos é evitar que alunos desistam das disciplinas (ao se depararem com obstáculos), e por isso, os autores se aproximam do constructo das crenças de autoeficácia de Bandura (1977). |
| Sasaki Jesus                | 2019 | Videoanálise do voo de um <i>fidget spinner</i> : torque e momento angular   | Sasaki e Jesus (2019) estudam o uso do brinquedo <i>fidget spinner</i> para videoanálise por meio do <i>software Tracker</i> . Os pesquisadores afirmam existir um costume na forma de apresentar dos conteúdos sobre torque e momento angular, em que geralmente, se ignora o tratamento do momento angular do centro de massa (CM) com relação a um ponto fixo. Ou seja, discutindo apenas o momento angular de <i>spin</i> com relação ao CM. Por esse motivo, Sasaki e Jesus (2019) descrevem a gravação e a videoanálise de duas configurações de um experimento simples – o lançamento oblíquo de um <i>fidget spinner</i> . Da videoanálise do lançamento oblíquo, os autores propõem uma discussão qualitativa sobre os conceitos torque, momento angular obrigal e momento angular de <i>spin</i> , permitindo também, a estimativa dos módulos dos momentos angulares de <i>spin</i> com relação ao eixo de simetria do brinquedo. Assim, os pesquisadores acreditam ser possível utilizar essa abordagem em sala de aula para o aprendizado de torque e dos momentos (angular e orbital), por meio de um conhecido brinquedo que atrai a atenção e curiosidade dos alunos.    |
| Hoernig Massoni Hadjimichef | 2021 | Física Quântica na Escola Básica: investigações para a promoção de uma Aprendizagem Conceitual, Histórica e Epistemológica | Hoering, Massoni e Hadjimichef (2021) adentram ao debate existente há décadas nas pesquisas em ensino de física: o da introdução da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Os autores discutem os poucos trabalhos que abordam o tema tratando da História e da Epistemologia da Ciência e discutem as possibilidades e estratégias para introdução da Física Quântica. Para isso, realizam uma revisão da literatura e entrevistas com professores de especialistas. Assim, propõem um Módulo Didático (MD) que busca abordar algumas contribuições de Planck, Einstein, Dirac e outros, com o interesse de apresentar o conteúdo Físico, mas se preocupando em demonstrar o contextos extra-acadêmicos relacionados. Com a intenção de auxiliar os professores da Educação básica: são propostos caminhos para aplicação de um Módulo Didático sobre Física Quântica, visando a promoção do que chamaram de educação científica mais reflexiva. Hoernig <i>et al.</i> (2021)  |

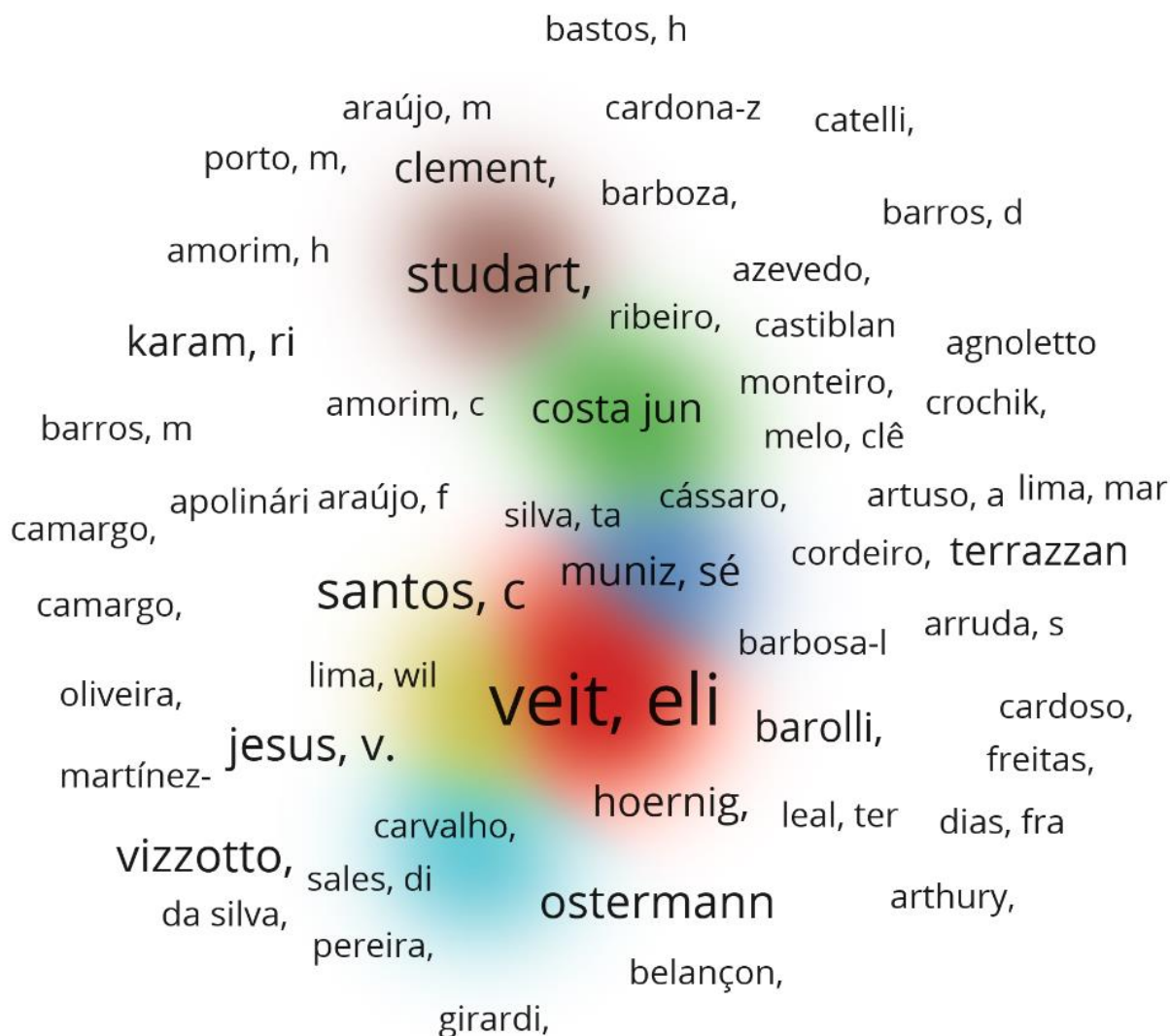
|                       |      |   |  |
|-----------------------|------|---|--|
|                       |      |   | concordam com a literatura que aponta a importância crucial dos temas da difração e interferência nesse desafio.   |
| Carvalho<br>Watanabe  | 2019 | A Construção do Conhecimento Científico Escolar: Hipóteses de Transição Identificadas a partir das Ideias dos (as) Alunos (as)    | O artigo de Carvalho e Watanabe (2019) investiga a modificação das ideias de estudantes do Ensino Médio ao participarem de uma sequência de aulas propostas sobre o tema Aquecimento Global. Ao se basearem nas <i>hipóteses de transição</i> , as autoras analisaram o percurso das ideias dos alunos na medida em que lidavam com situações mais complexas. As pesquisadoras notam que os sistemas de ideias alcançam em diferentes momentos, diversos níveis de aprendizagem, o que evidenciaria que os sistemas de ideias são muito dinâmicos. E por isso, há possibilidade de transformar o pensamento reducionista dos estudantes, de forma a desenvolver a responsabilidade social, política, cultural, econômica, e outras, por meio de uma Educação Ambiental mais complexa, crítica e reflexiva.                               |
| Vizzotto<br>Mackedanz | 2018 | Validação de instrumento de avaliação da alfabetização científica para egressos do ensino médio no contexto da física do trânsito | Vizzotto e Mackedanz (2018) apresentam o processo de validação de um instrumento para avaliação da Alfabetização Científica tendo como público-alvo egressos do Ensino Médio. Ao ser submetido pela análise estatísticas e de especialistas, foram considerados válido e fidedignos: um questionário de 25 itens sobre física no trânsito; e outro de 20 itens sobre o perfil do Ensino de Física. Os autores buscaram analisar se existem correlações entre os perfis das escolas e a proficiência dos egressos em problemas de Física no trânsito. Assim, salientam a dificuldade em tentar mensurar parâmetros como a Alfabetização Científica, por se tratar de medições indiretas. Sendo necessário, ainda, uma amostra considerável de respondentes para tornar possível análises estatísticas para o estudo de possíveis padrões. |

Fonte: Elaboração própria

Observamos que vários desses autores publicaram trabalhos em conjunto. Segundo Mariano e Rocha (2017), podemos utilizar a análise de coautoria para identificar colaborações entre os autores e a estrutura social do campo de pesquisa. Por esse motivo, foram criados com o *VOSviewer* dois mapas (Figura 2 e Figura 3) utilizando os dados bibliográficos da *SciELO* e *SciELO Citations Index* para visualizar esses núcleos de trabalhos. Pelo fato da base *SciELO* ser mais ampla que a *SciELO CI*, geramos os dois mapas com o objetivo de: ampliar a busca para, possivelmente, identificar mais coletivos de pesquisa; e buscar a validação da relevância dessas colaborações e dos autores nucleares por meio da comparação desses dois mapas.



**Figura 2** – Mapa gerado no software VOSviewer por meio da análise de coautoria de dados da SciELO Citation Index



Fonte: Elaboração própria por meio do VOSviewer 1.6.16.

Vemos na Figura 2 que se destacam alguns dos grupos de colaboração de autores citados no parágrafo anterior, especialmente, em torno de: Veit, Araújo, Studart, Santos, Muniz e Watanabe<sup>48</sup>. Estes autores emergem em cada um dos seis núcleos que se apresentam coloridos na Figura 2, de modo a destacar colaborações relevantes entre alguns dos estudiosos presentes no Quadro 8, salientando os nomes dos autores mais centrais desses agrupamentos de pesquisa. Para uma análise comparativa, gerou-se um novo mapa de coautoria com os dados dos 774 textos encontrados na *SciELO* (Figura 3).

<sup>48</sup> Ao exportar o mapa do *software* o nome Watanabe não apareceu no *cluster* azul claro, na região inferior da figura, pois ficaria sobreposto ao nome de Carvalho.



**Quadro 9** - Síntese das contribuições das obras mais citadas dos autores centrais com base nos textos da SciELO: entre 2017 e 2021

| Autor                         | Ano  | Título  | Contribuições   |
|-------------------------------|------|---|---|
| Studart                       | 2019 | Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas                                      | Studart (2019) discute as metodologias ativas, e propõe estratégias para uso em sala de aula. Abordando ideias do ensino centrado no aluno, a ensinagem ativa, os desafios de implementação escolar e, bem como, das evidências de sua eficácia na literatura. O autor versa especificamente de dois modelos (apoiadas por tecnologias) e quatro metodologias ativas, respectivamente: o Ensino Híbrido e a Sala de Aula Invertida; e Ensino sob Medida, Instrução pelos colegas, Aprendizagem Baseada em Problemas e os Três momentos Pedagógicos. Studart (2019) defende que o professor deve se valer do pluralismo metodológico, adotando a(s) metodologia(s) de acordo com o contexto pedagógico, dando ênfase na escolha por tópicos relevantes do currículo de Física. |
| Beltrán Massoni Bernal Suárez | 2021 | Física y Matemáticas, Teorema de Nöther: Contexto la Complejidad de la Educación Científica | Beltrán et al. (2021) introduzem o influente Teorema de Nöther por meio de uma abordagem histórica do contexto de desenvolvimento da estudiosa. Os autores investigam os aspectos socioculturais que possibilitaram os constructos de Nöther em Matemática e Física na perspectiva do capital de Bourdieu. Com a intenção de afirmar do contexto sociocultural no desenvolvimento da ciência. Assim, Beltrán et al. (2021) buscam levantar uma opção de trabalho para o ensino de física e matemática, possibilitando um conhecimento humanizado nessas disciplinas.  |
| Soga Paiva Muramatsu          | 2017 | Comprimento focal de lentes esféricas   | Nesse estudo, Soga et al. (2017) comparam as expressões matemáticas do comprimento focal para: lentes esféricas, obtida pela técnica de traçado de raios; e lentes grossas deduzida por método matricial. As equações resultantes são aplicadas para o caso de uma esfera de água e comparadas aos resultados experimentais. Os autores concluem que fica evidente a limitação da tão frequentemente ensinada fórmula de Gauss (“equação dos fabricantes de lentes”). Assim, sugerem que o experimento com a esfera de água pode ser utilizado em cursos de Física Básica, visto a simplicidade de execução, por ser um exemplo de aplicação da Lei de Snell e Trigonometria.   |
| Crispino Lima                 | 2018 | Expedição norte-americana e iconografia inédita de Sobral em 1919                           | O artigo de Crispino e Lima (2018) versa sobre as observações do eclipse solar em Sobral-CE em 29 de maio de 1919, principalmente pela expedição liderada por Daniel Maynard Wise. No documento, são exibidos e comentados um conjunto de fotografias durante a expedição de Wise no país.  |

Fonte: Elaboração própria

O diagnóstico apresentado acima pôde ser aprofundado por meio das

análises de cocitação<sup>51</sup> e acoplamento bibliográfico, que nos permitiu identificar e selecionar os autores, as abordagens e as linhas de pesquisa indispensáveis para a revisão da literatura (MARIANO; ROCHA, 2017). Com os dados da *SciELO CP*<sup>52</sup>, criamos o mapa de calor (Apêndice F), por meio da análise de co-citação. Os “pontos quentes” do mapa evidenciam a relevância dos enfoques de Araújo e Mazur (2013), Hestenes *et al.* (1992), Borges (2002), Bardin (2011), Brandão, Araújo e Veit (2011) e Mazur e Hilborn (1997) e, ainda, Ostermann e Moreira (2000), Ausubel (2003), Bogdan e Bicklen (1994) e Hake (1998). Abaixo, no Quadro 10, estão indicados os títulos das obras e o número de citações.

**Quadro 10** – Lista das principais contribuições ou enfoques teóricos manifestados a partir da análise de cocitação

| Autor                         | Ano  | Título   | Citações   |
|-------------------------------|------|--|--|
| Araujo Mazur                  | 2013 | Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física | 231 de acordo com o <i>Google Scholar</i>  |
| Hestenes Wells Swackham Gregg | 1992 | <i>Force Concept Inventory</i> <sup>53</sup>   | 4693 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Borges                        | 2002 | Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.  | 1049 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Bardin                        | 2011 | Análise de conteúdo  | O <i>Google Scholar</i> , apresentava as informações de três (1997, 2004 e 2010) edições dessa obra, que juntas tinham 104.473 citações. |
| Brandão Araújo Veit           | 2011 | A modelagem científica vista como um campo conceitual  | 24 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Mazur Hilborn                 | 1997 | <i>Peer instruction: A user's manual</i>   | 4981 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Ostermann Moreira             | 2000 | Investigações em Ensino de Ciências  | 11 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Ausubel                       | 2003 | Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva   | 2123 de acordo com o <i>Google Scholar</i>   |
| Bogdan Biklen                 | 1994 | Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos  | 22007 de acordo com o <i>Google Scholar</i>  |
| Hake                          | 1998 | Interactive-engagement versus  | 8108 de acordo com o <i>Google</i>   |

<sup>51</sup> Mariano e Rocha (2017) explicam que a análise de co-citação verifica se as obras foram citadas juntas e, assim, evidenciam núcleos de abordagens. O mapa de calor gerado pelo *VOSviewer* permite visualizar os núcleos dos enfoques, destacando as referências mais co-citadas nos “pontos quentes”. Com esse mapa, podemos observar com mais clareza as abordagens do passado. Já a análise de acoplamento bibliográfico (*bibliographic coupling*), identifica se diferentes publicações estão citando o mesmo trabalho, o que auxilia na identificação dos principais *fronts* de estudo, das tendências de pesquisa, remetendo ao futuro do campo.

<sup>52</sup> Não foi possível realizar essas análises com os dados das outras duas bases.

<sup>53</sup> Hestenes e Swackhamer (1992) e Hake (1998) são duas referências que alicerçaram a avaliação do desempenho dos estudantes e, conseqüentemente, da análise de cursos ou disciplinas introdutórias de Física. Isso é explanado com mais detalhes no Capítulo 3, Metodologia.

|  |  |   |                |
|--|--|---|----------------|
|  |  | traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. | <i>Scholar</i> |
|--|--|---|----------------|

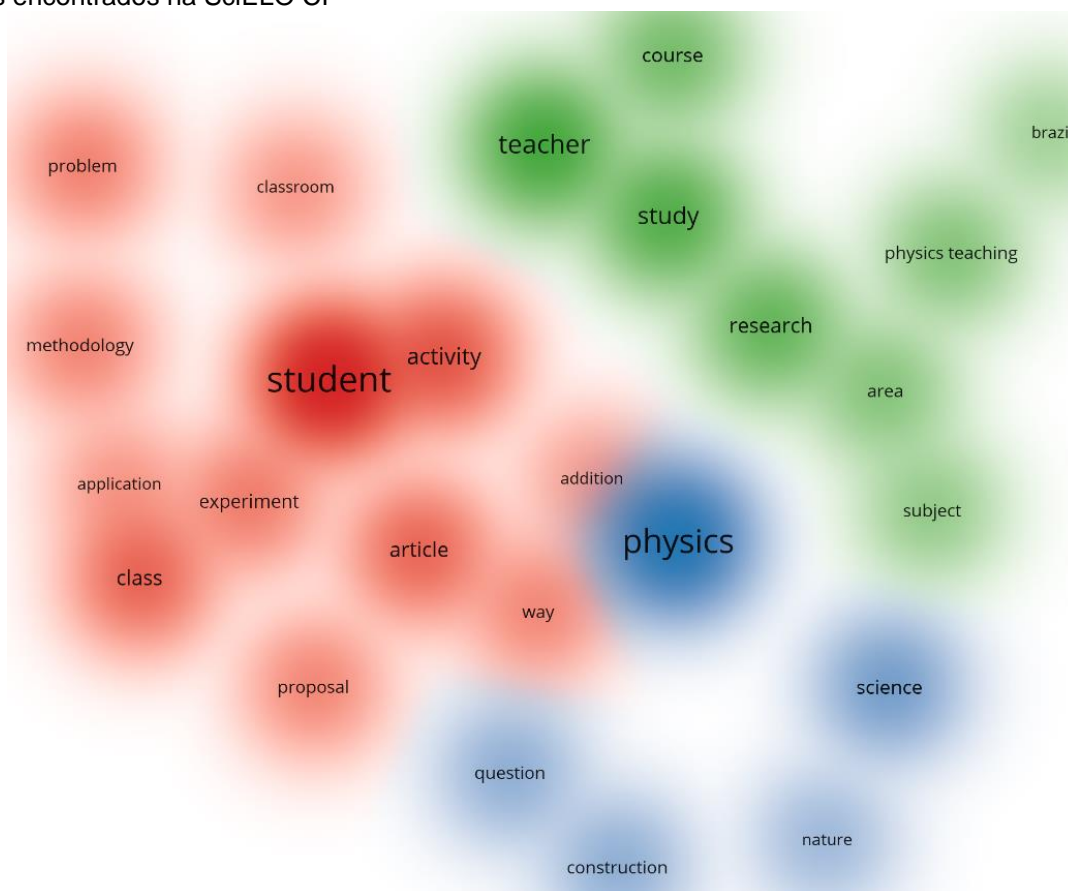
Fonte: Elaboração própria.

Para obtermos uma perspectiva das frentes de pesquisa, realizamos uma análise de *bibliographic coupling*. Segundo Volgel e Güttelp (2013), o acoplamento bibliográfico é estabelecido por meio das referências dos autores, sendo assim, algo intrínseco aos documentos. Assim, essa análise indica quais abordagens estão indo adiante (MARIANO; ROCHA, 2017). No Apêndice G, podemos observar que se destacam os núcleos de Moreira (2018), e Nascimento, Ostermann e Cavalcanti (2017) e, com menos intensidade, Carvalho e Sasseron (2018), Silva *et al.* (2019), Leite (2018), Diniz (2019) e Corrêa (2018), trabalhos que estão no Quadro 8. O que nos evidencia algumas tendências desse campo de pesquisa.

A abordagem da TEMAC sugere como algumas das últimas etapas da análise sistemática da literatura, além da validação por especialistas, a comparação dos resultados obtidos em diferentes bases, corroborando a elaboração de um quadro ou modelo integrador das principais contribuições desses trabalhos para o campo de pesquisa. Com essa finalidade, produzimos duas análises<sup>54</sup> de conteúdo (Figura 4 e Figura 5) a partir dos títulos e dos resumos das 171 obras encontradas na WoS e as 981 no *Google Scholar*.

<sup>54</sup> A análise de co-ocorrência nos permite identificar as linhas de pesquisa. As análises das figuras 8 e 9 utilizaram os mesmos parâmetros, exceto pelo filtro dos termos que no caso da SciELO CI limitamos aos termos com mínimo de 15 ocorrências. Como a base do Google Scholar é muito amplo, utilizamos como mínimo 10 ocorrências, tornando o mapa mais compreensível.

**Figura 4** – Mapa de densidade resultante da análise de co-ocorrência nos títulos e resumos das 171 obras encontrados na SciELO CI



Fonte: Elaboração própria por meio do VOSviewer 1.6.16.

A Figura 4 mostra o resultado da análise de co-ocorrência de termos dos títulos e resumos<sup>55</sup> das obras da *SciELO CI*, no qual, podemos observar o surgimento de três grupos. Nos *clusters* azuis se destaca a palavra *physics*, relacionada aos termos: *science*, *nature*, *construction* e *question*. Possivelmente pela grande ocorrência de discussões e questionamentos sobre a Física, as Ciências da Natureza, questões, construções e conteúdos relacionadas à Ciência. Nos *clusters* vermelhos se destaca a palavra *student* associada às palavras: *activity*, *experiment*, *class*, *problem*, *classroom*, *application*, *methodology*, *problem*, *way*, *proposal* e *addition*. Indicando a existência do debate relativo ao docente em sala de aula, formas, as atividades experimentais (ou não), metodologias, aplicações e aos problemas. Nos *clusters* verdes se sobressai a palavra *teacher*, associada aos termos *study*, *course*, *research*, *area*, *subject*, *physics teaching*, *brazil*. Exibindo a temática da área de pesquisa em ensino de física no Brasil, do professor de física, do curso, do conteúdo

<sup>55</sup> O VOSviewer realizou a análise dos textos em inglês, isto é, dos *titles* e *abstracts*.

e estudo.

A partir dos títulos e resumos dos 981 textos obtidos pelo *Google Scholar*, criou-se, novamente, um mapa por meio da análise de co-ocorrência (Figura 5). Nesse caso, julgamos que a visualização das co-ocorrências<sup>56</sup> em *network* seria mais interessante para verificarmos as ligações entre os termos e, desse modo, verificar semelhanças ou divergências com as linhas de pesquisa observadas anteriormente.

**Figura 5** – Mapa de rede resultante da análise de co-ocorrência nos títulos e resumos dos 981 textos encontrados no *Google Scholar*



Fonte: Elaboração própria por meio do *VOSviewer* 1.6.16.

O mapa exibido na Figura 5 nos apresenta, agora, quatro<sup>57</sup> agrupamentos. Algumas semelhanças podem ser identificadas com relação à Figura 4. No *cluster* vermelho da Figura 5, a palavra *aula* é a que se destaca mais, aparecendo sobreposta à palavra *sala*, fortemente ligadas aos termos: *conceito*, *dificuldade*, *didático*, *contexto*, *física moderna*, *deficiência*, *educação de jovens e adultos*, *jogo*, entre outros. O que nos remete as linhas que pesquisas que também aparecem em vermelho na Figura 4, pois apesar de não emergirem a palavra *professor* ou *teacher*, a investigação gira em torno da sala de aula, das dificuldades, de conceitos e da didática na educação básica. Os *clusters* verdes da Figura 5 são interessantes pois destacam a palavra *curso*, bem

<sup>56</sup> Mariano e Rocha (2017) esclarecem que a frequência de palavras-chave e a co-ocorrência, cumprindo a Lei de Zipf, estabelecem as principais linhas de pesquisa por meio da manifestação das palavras-chave.

<sup>57</sup> Inicialmente, o *VOSviewer* identificou o termo “física pa” como um *cluster* diferente, como não encontramos quaisquer justificativas para que, isoladamente, esse termo indicasse uma linha de pesquisa ou tendo algum significado relevante, excluímos esse termo do mapa.

próximo de termos como: *universidade, estado, produção, instituto*, e o curioso agrupamento de: *programa, mestrado, universidade federal, formação, mestre e mnpef*. Demonstrando a relevância do debate em torno dos cursos universitários e de mestrado, especialmente do *MNPEF*, das *instituições*, da *produção* e do *estado*. Pelo fato desses *clusters* verdes demonstrarem que a temática orbita o *ensino de física*, tratando da *pesquisa* e do *professor de física*, do *mestrado* e do *curso*, acreditamos que há semelhança com os, também verdes, *clusters* da Figura 4.

Os *clusters* azuis nas duas figuras, são diferentes. No mapa da Figura 5, a palavra mais destacada é *educação*, seguida por *brasil, escola, literatura* e, ainda, *papel, prática, livro, contribuições* e *Arduino*. Assim, nesse caso, a questão é do âmbito da *Educação* e o *papel* da *escola* no *Brasil*, discutindo sobre *livro, prática, literatura, campo, contribuições* e até sobre *Arduino*. O *cluster* amarelo na Figura 5 apresenta algumas palavras que antes eram comuns a diferentes *clusters* na Figura 4. Pelo fato de reunir os termos na língua inglesa, acreditamos que esse aglomerado evidencie que os artigos em inglês ou as palavras mais recorrentes nos *abstracts*, lidando de assuntos que tratam de, ensino de física (*physics teaching*), estudantes (*students*), pesquisa (*research*), tecnologias e trabalho (*work*)<sup>58</sup>. O que parece uma combinação dos três *clusters* da Figura 4.

Ao analisar: os autores, as revistas, as universidades e os países que mais publicaram sobre o tema; bem como, os autores, as obras, e as revistas mais relevantes; a evolução das publicações ano a ano; as conferências ou agências financiadoras; e as principais linhas de pesquisa e abordagens basilares e as frentes de pesquisa, além de descrever núcleos de relevante produção acadêmica e produzir uma síntese; perseguimos o objetivo de responder às perguntas: *Como foi e é o ensino de física? Quais as tendências para o futuro?*

Com base na descrição feita acima, verificamos que esta dissertação, por meio do tema (a), *ensino de física*, se vincula à literatura encontrada na medida em que trata de uma problemática do Ensino de Física na Educação Básica, particularmente, com foco na Mecânica Clássica e, ademais, porque trata do uso de tecnologias digitais no ensino.

Com a intenção de responder a pergunta *Como se ensina mecânica newtoniana?*, foram filtradas as buscas nas plataformas: *SciELO CI*, via *WoS*; no site

---

<sup>58</sup> A palavra *work* foi muito utilizada nos resumos (*abstracts*) como sinônimo de trabalho, publicação ou pesquisa.



da *scielo.org.*; e no *Google Scholar*, por meio do *Publish or Perish*; alterando as *strings*<sup>59</sup> conforme apresentadas no Quadro 3. Foram encontradas, respectivamente: 1, 11 e 997<sup>60</sup> documentos abordando o tema da física newtoniana. Os textos e, conseqüentemente, os autores mais citados segundo o *Google Scholar* foram Moreira (2018), Kneubil e Pietrocola (2017), que constam no Quadro 8, e Damasio e Peduzzi (2017), que descrevem uma revisão bibliográfica de dissertações e teses que, na última década, dialogaram sobre a história e filosofia da ciência como abordagem na educação científica. Os pesquisadores buscaram identificar as referências filosóficas e pedagógicas e os objetivos declarados na literatura para uso dessas abordagens. Os resultados encontrados por Damasio e Peduzzi (2017), indicaram que há, frequentemente, ausência de aportes teóricos nas produções ou de articulação e coerência entre eles. Dos doze trabalhos encontrados na *SciELO* e *WoS*, onze são da *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF) e apenas o de Martins *et al.* (2021) foi publicado pela revista *Ciência & Educação*. As contribuições desses autores estão sintetizadas no Quadro 11.

**Quadro 11** – Síntese das principais contribuições das obras que tratam simultaneamente do ensino de física e da mecânica clássica (newtoniana) entre 2017 e 2021

| Autores                                   | Ano  | Título   | Contribuição   |
|---|------|--|--|
| Martins<br>Neves<br>Gardelli              | 2021 | Conceitos de Força Manifestos nas Falas de Professores de Física                   | Martins <i>et al.</i> (2021) investigam como o conceito de força emerge no discurso de professores de Física de uma Universidade. Do mesmo modo, buscaram indícios de como foram desenvolvidos esses conceitos e como a História da Física está inserida em suas práticas pedagógicas. As análises dos autores os levaram a identificar que a maioria das concepções dos docentes são direcionadas à mecânica newtoniana, sem esclarecimentos das contribuições dos antecessores e sucessores. |
| Lenart<br>Szymoski<br>Turchiello<br>Gómez | 2020 | Demonstração da geração de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial | Lenart <i>et al.</i> (2020) afirmam que modos normais e ondas estacionárias são conceitos fundamentais para a mecânica clássica e quântica, bem como, o eletromagnetismo. De forma que na literatura se encontram investigações acerca desses temas, particularmente, por meio de experimentos mecânicos. Contudo, um número rarefeito de  |

<sup>59</sup> "ensino de física" AND ("mecânica clássica" OR "mecânica newtoniana" OR "física newtoniana" OR "força newtoniana")

<sup>60</sup> A busca no *Publish or Perish 7* é limitada a 1000 documentos, sendo possível repetir a procura, possibilitando aumentar os números de textos encontrados até esse limite. Podemos perceber pela quantidade de textos encontrados (superior aos textos encontrados na pesquisa mais ampla – “ensino de física”) que devemos olhar com cautela o uso dos filtros de pesquisa no *Google Scholar*. Para encontrar 997 documentos, repetimos a busca duas vezes.

|                                |      |   |   |
|--------------------------------|------|---|---|
|                                |      |   | trabalhos que discutem os modos normais, e temas correlatos, em ondas eletromagnéticas em um cabo coaxial. Visto que esse tema é de grande importância para a física e para desenvolvimentos tecnológicos, como no uso de linhas de comunicação. Lenart <i>et al.</i> (2020) propõem um experimento para formação e verificação de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial, esperando contribuir para o ensino desse tema em cursos de graduação.   |
| Da Silva                       | 2018 | A primeira Lei de Newton: uma abordagem didática                                  | Para Silva (2018), para a compreensão da mecânica newtoniana é essencial entender as leis de Newton profundamente. O autor afirma que a primeira Lei, da Inércia, é a mais complexa e menos compreendida. Dessa forma, seu trabalho tem a intenção de clarear as principais dúvidas e equívocos que aparecem na aprendizagem sobre Inércia, e sugerir uma proposta para apresentação pormenorizada dessa Lei.   |
| Antunes Galhardi Hernaski      | 2018 | As leis de Newton e a estrutura Espaço-temporal da Mecânica Clássica              | Antunes <i>et al.</i> (2018) discorrem sobre o papel da hipótese de simetria espaço-temporal na estrutura das leis de movimento da Mecânica Clássica, isto é, da Mecânica Newtoniana, bem como de sua validade para descrição de fenômenos macroscópicos. Nessa obra, os autores: revisam o conteúdo das três leis; debatem sobre as simetrias espaço-temporais e suas implicações na dinâmica dos objetos. Assim, apoiados pelas técnicas de teoria de campos efetivas, os autores se colocam em favor da naturalidade das leis de Newton. |
| Floquet Castro Trindade Vianna | 2018 | C*-Álgebras e a Descrição da Mecânica Quântica                                    | Floquet <i>et al.</i> (2018) apresentam a Teoria das C*-Álgebras. Demonstram os Teoremas de Gelfand e Gelfand-Neumark; e mapeia a Mecânica Clássica de acordo com a Teoria C*-Álgebra. Ainda, estendem esse desenvolvimento para o caso Quântico. Tratando sobre a Álgebra de Weyl.   |
| Viana                          | 2018 | Feynman e as Integrais de Trajetória  | Com a intenção de preencher uma possível lacuna, Viana (2018) apresenta o que chama de revisão pedagógica de pontos centrais do desenvolvimento realizado pelo físico Feynman, que em sua linha de pesquisa, busca analogias entre as mecânicas Clássica e Quântica. O autor discute o método das integrais de trajetória concebido por Feynman, apresentando um exemplo para ilustrar o método e sua relação com a equação de Schrödinger dependente do tempo.   |
| Almeida                        | 2018 | A Integral de Caminhos: Uma Ponte entre a Mecânica Quântica e a Mecânica Clássica | Almeida (2018) discute a integral de caminho de Feynman, e das relações entre Mecânica Clássica e Quântica.   |

|                           |      |  |  |
|---------------------------|------|--|--|
| Dutra<br>Ribeiro<br>Porto | 2019 | Oscilador forçado por um pente de Dirac: uma aplicação da transformada de Fourier-Mellin                   | Dutra e Porto (2019) utilizam a técnica da transformada Fourier-Mellin para solucionar o problema de um oscilador forçado por uma ação periódica, discutindo um modelo mais realista que o do caso ordinário (no qual a força é descrita por funções trigonométricas).   |
| Dutra<br>Ribeiro<br>Porto | 2018 | Uma aplicação da dinâmica de uma partícula em uma trajetória predeterminada: o problema do iglu elipsoidal | Dutra <i>et al.</i> (2019) estendem um problema clássico da Mecânica: a de uma partícula que desliza sobre a superfície lisa de uma esfera, ou de um iglu ideal. Os autores expandem o problema para o caso de um iglu elipsoidal, sendo apresentada uma solução analítica por meio do método de Cardano-Tartaglia para a equação que descreve o problema elíptico.  |
| Santana                   | 2019 | Espaço, Tempo e Estruturas das Teorias do Movimento  | Santana (2019) identifica a definição e a conceitualização do tempo e do espaço como elementos integrantes de uma teoria do movimento. Descreve pelo ângulo histórico o desenvolvimento da mensuração e geometrização do tempo e do espaço. Assim, investiga as teorias mecânicas a partir da definição de pontos inerciais e campos, discutindo: a mecânica clássica com ênfase acerca da natureza do tempo; e a teoria cinética como uma teoria de campo. Santana (2019) também apresenta questões sobre o desafio da transposição didática sobre os conceitos discutidos.   |
| Macedo<br>Roberto         | 2018 | Aplicação do Problema Restrito de Três Corpos no estudo do movimento de astros do sistema solar            | Macedo e Roberto (2018) realizam uma revisão da literatura sobre o Problema Restrito de Três Corpos (PRTC) concluindo que o assunto é que raramente aplicado a contextualizações, situações reais ou aplicado didaticamente. Por esse motivo, os autores apresentam, desenvolvem e aplicam o PRTC para simular – por meio do método Cauchy e utilizando a programação em <i>Python</i> para resolução das equações diferenciais – as órbitas do asteroide troiano da Terra (2010 TK7) e a libração de Plutão devido a Netuno. Macedo e Roberto (2018) debatem a aplicabilidade do PRTC como um recurso pedagógico na contextualização da mecânica celeste e dinâmica orbital, visto a possibilidade de simular movimento de astros do sistema solar. |
| Santos<br>Tort            |      | A forma da superfície de uma massa de água girante como um problema variacional                            | Santos e Tort (2017) investigam o problema do “balde de newton”, ou seja, da determinação da forma da água contida em um cilindro que gira uniformemente. Nesse artigo, os autores utilizam o enfoque variacional que os conduz ao princípio da mínima ação da energia potencial efetiva do sistema. Explorando os importantes métodos variacionais, Santos e Tort (2017) apresentam esse problema no nível de graduação.  |

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o Quadro 11, podemos notar a existência de alguns trabalhos que exploram tópicos específicos de Física (ALMEIDA, 2018; FLOQUET, 2018), outros discutem problemáticas sobre o ensino de física no ensino superior (MARTINS; NEVES; GARDELLI, 2021; LENART *et al.*, 2021; DUTRA; RIBEIRO; PORTO, 2018; 2019; SANTOS; TORT, 2017), questões epistemológicas acerca da Física e da Mecânica (ANTUNES; GALHARDI; HERNASKI, 2018; SANTANA, 2019); e pesquisas sobre os desafios e propostas de abordagens para a aprendizagem de Física na Educação Básica (DA SILVA, 2018).<sup>61</sup>

No caso desta pesquisa, trataremos do ensino de física, particularmente, por meio da Mecânica Clássica, no contexto do Ensino Remoto Emergencial (SILVA *et al.*, 2020) no Distrito Federal, no qual durante o período de isolamento social, as atividades pedagógicas ficaram estabelecidas virtualmente, sendo os *smartphones* a principal forma de comunicação entre professor e estudantes. Por esse motivo, consideramos pertinente buscar nas bases de dados pela literatura sobre ensino de física com apoio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

### 2.1.1 Ensino de Física e Tecnologias de Informação e Comunicação

Como expõem Bonilla e Oliveira (2011), o termo *inclusão digital* se tornou pauta das políticas públicas e objeto da ação de instituições, como: empresas, universidades e escolas nos últimos anos. Lemos (2011) explica que o assunto da inclusão digital é espinhoso, estando presente no âmbito das políticas governamentais brasileiras desde 1999<sup>62</sup>. Para o autor, os programas de governo necessitam pensar em uma formação global do indivíduo, no acesso às TIC como parte da ampla *inclusão social*. Lemos (2011, p. 16) declara que:

A inclusão digital deve, conseqüentemente, ser pensada de forma complexa, a partir do enriquecimento de quatro capitais básicos: social, cultural,

---

<sup>61</sup> Da Silva (2018) e Santana (2018) inspiraram e, em alguma medida, fundamentaram a estrutura conceitual da Mecânica abordada no Produto Educacional. Para uma abordagem mais completa histórica e conceitualmente outros autores foram acionados, principalmente Rocha (2015), Polito (2016), Lemos (2007), Nussenzveig (2013) e Ferreira *et al.* (2019). Antunes, Galhardi e Hernaski (2018) realizam um desenvolvimento relativamente semelhante ao de Santana (2018) ao discutir a estrutura teórica a mecânica newtoniana como uma *teoria efetiva*, capaz de descrever fenômenos de baixas energias (quando comparada com escalas de teorias quântico-relativísticas), sendo as Leis de Newton dedutíveis por meio da proposição de hipóteses gerais de simetria do espaço-tempo. O texto de Santana (2018) foi mais explorado nesta dissertação devido à sua abordagem pedagógica.

<sup>62</sup> Quando foi lançado o Programa Sociedade da Informação.

intelectual e técnico, como veremos a seguir. Esses capitais devem ser estimulados, no caso da inclusão ao universo digital, pela educação de qualidade, pela facilidade de acesso aos computadores (e/ou similares) e à rede mundial de computadores, pela geração de empregos, ou seja, pela transformação das condições de existência. Esse é o sentido maior da inclusão de um indivíduo na sociedade e não apenas da inclusão digital. Nesse sentido, programas de inclusão digital devem pensar a formação global do indivíduo para a inclusão social.

Contudo, é evidente o descompasso ocorrido entre os avanços tecnológicos com relação à morosa trajetória de integração entre as atividades educacionais com as TICs (COELHO; COSTA; MOTTA, 2021). Esse tema é complexo pois envolvem diversas variáveis sociais, culturais, econômicas, políticas, da formação docente, dentre outras. Cabendo a investigação dessa interface entre TICs e Educação, como propõem Coelho, Costa e Motta (2021), sob as duas dimensões da *usabilidade* técnica e pedagógica, na perspectiva de possibilitar a *inclusão digital* por meio do *letramento digital*. Espera-se no desenvolvimento deste trabalho suscitar o debate da *usabilidade* prática no ensino da Física e do papel da escola e dos professores de Ciências da Natureza no *letramento digital*.

Durante a suspensão das atividades pedagógicas a partir de 2020 por motivo pandêmico, diversas unidades federativas consubstanciaram a necessidade da utilização de TIC para a mitigação dos impactos negativos no que diz respeito ao direito à Educação, o que inclui o ensino de Física e, sobretudo, em comunidades escolares socioeconomicamente mais vulneráveis. O que nos incitou o seguinte questionamento: *qual é a forma mais acessível e eficaz para o ensino de Física no complexo e desmotivador contexto de Ensino Remoto Emergencial? Particularmente, é possível oferecer, em algum nível, um curso de Mecânica Clássica por meio de um smartphone de configurações básicas?*

No contexto do ensino de Física, buscamos compreender como tem sido proposta a integração da prática pedagógica com as TIC, isto constituiu o tema (b) que citamos no início deste capítulo. Para isso, buscamos na literatura trabalhos que discutem esse tópico. No conjunto de textos que encontramos pela WoS e SciELO org., os termos TIC ou TDIC aparecem apenas em três artigos: Ortiz *et al.* (2019), Ferreira *et al.* (2020) e Barroso *et al.* (2017). Apesar disso, um número relevante dos estudos encontrados debate sobre a utilização de computadores, *smartphones* e outras tecnologias digitais de informação no processo de ensino e aprendizagem de Física.

Em vista da necessidade de se oferecer um curso de Mecânica Clássica acessível, no qual a maioria dos estudantes tereriam o único contato pedagógico exclusivamente pelo seu *smartphone* pessoal. Com isso em mente, identificamos os trabalhos da *SciELO* obras no qual apareciam os termos: celular, *smartphone*. No Quadro 12 consta uma síntese das contribuições das obras que discutiram o ensino de física e o uso de *smartphones*.

**Quadro 12** – Síntese das principais contribuições das obras que tratam simultaneamente do ensino de física e das TICs entre 2017 e 2021

| Autores   | Ano  | Título  | Contribuição   |
|---|------|---|--|
| Kielt<br>Silva<br>Miquelin                                    | 2017 | Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de Física com Peer Instruction                 | Kielt <i>et al.</i> (2017) apresentaram o desenvolvimento de um <i>software</i> (aplicativo) para <i>smartphone</i> que permite a resolução de atividades e o envio de respostas (de votação) em tempo real, podendo o professor acompanhar e gerir as tarefas em sala de aula. Nesse artigo, investigaram as implicações do uso desse <i>app</i> em associação ao método de <i>Peer Instruction</i> em uma turma de Ensino Médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Dos resultados, Kielt <i>et al.</i> (2017) concluem que o <i>app</i> teve boa aceitação, demonstrou a possibilidade de melhorar a concentração na resolução de problemas, particularmente em associação ao <i>Peer Instruction</i> .  |
| Ortiz<br>Krause<br>Santos                                     | 2019 | A formação continuada no processo de atualização de professores de física: Formação para o Software Tracker                     | Essa pesquisa foi motivada pelo abismo que há entre o que é previsto em documentos normativos centrais da Educação <sup>63</sup> e a prática em sala de aula. Para os autores o termo TICs se refere “[...] ao conjunto de todos os meios desenvolvidos em torno do surgimento da ciência da computação e que permitem a comunicação e interação com fins educacionais, individual ou coletivo” (Ortiz <i>et al.</i> , p. 91, 2019) . E defendem que o uso de produtos tecnológicos produz novas formas de conhecimento e atua como facilitador na superação de dificuldades de aprendizagem. De acordo com isso, Ortiz <i>et al.</i> (2019) debatem sobre a formação continuada docente, e apresentam os resultados de uma formação de professores sobre o uso do <i>software Tracker</i> . |
| Ferreira<br>Silva<br>Moreira<br>Franz<br>Portugal<br>Nogueira | 2020 | Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones | Ferreira <i>et al.</i> (2020) debatem sobre a necessidade de perseguir uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1968) e, por isso, ser indispensável a articulação entre TDIC e estratégias ativas. Assim, os autores apresentam, discutem e avaliam uma sequência didática, articulada na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS – (MOREIRA, 1999) sobre o tópico de óptica geométrica, no qual se utilizaram vídeos, aplicativos e jogos para <i>smartphone</i> . Os resultados da  |

<sup>63</sup> Como na LDB e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), onde aparece, por exemplo, "o ensino médio precisa desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania, e não como prerrogativa de especialistas".

|                                       |      |   |   |
|---------------------------------------|------|---|---|
|                                       |      |   | aplicação da UEPS em duas turmas do Ensino Médio, evidenciaram indícios de aprendizagem significativa e possibilidades de adequações da sequência didática proposta.  |
| Barroso Oliveira Jesus                | 2020 | Simulação da detecção de exoplanetas pelo método do trânsito utilizando o pêndulo cônico e o smartphone       | Barroso <i>et al.</i> (2021) apresentam e propõem um experimento didático de fácil acesso que simula o funcionamento da detecção de exoplanetas por meio do <i>método do trânsito</i> , ou seja, pela detecção da variação da iluminância provocadas por exoplanetas que orbitam uma estrela no mesmo plano que a Terra. Esse experimento foi realizado utilizando uma lâmpada <i>LED</i> , para simular a estrela, e uma esfera de papel-alumínio para o exoplaneta, mantida em órbita por meio da montagem de um pêndulo cônico. A variância da iluminância foi captada pelo sensor (luxímetro) de um <i>smartphone</i> , intermediada pelo <i>software phyphox</i> , permitindo estimar o período orbital e o raio do “exoplaneta”, apresentando, nessa montagem, respectivamente os erros de 1% e 22%.  |
| Pereira                               | 2021 | Experiência de baixo custo para determinar a forma da superfície de um líquido em rotação usando o smartphone | Pereira (2021) destaca a importância de laboratórios didáticos no ensino de Física, e propõe um experimento de baixo custo para o estudo da forma da água ao ser submetida a uma rotação em um recipiente. Para isso, foi construído um reservatório que, acoplado a um <i>fidget spinner</i> , possibilitou estudar e observar a “folha de água”, além de compará-la com a previsão teórica. A análise foi realizada com auxílio de um <i>smartphone</i> e o <i>app phyphox</i> (para medir a velocidade angular do dispositivo) e o <i>software Geogebra</i> , por meio de um <i>applet</i> , que permitia comparar a curva experimental (em foto) e a curva teórica. A autora concluiu que o resultado é satisfatório, visto a simplicidade do experimento e a possibilidade de comparação teórica e experimental em caráter qualitativo e quantitativo. |
| Rossini Camargo Yamaguti Alves Amorin | 2021 | Determinação do módulo de elasticidade de Young por meio de um smartphone                                     | Rossini <i>et al.</i> (2021) propõem uma atividade didática de baixo custo para alunos de graduação (em Física e Engenharia), com o objetivo de determinar o módulo de elasticidade de Young de dois metais: aço e alumínio; por meio da utilização de um <i>smartphone</i> (e o <i>software Spectroid</i> ) para captação das frequências dos harmônicos. Um modelo teórico foi estabelecido e, então, foram calculados: a localização dos nós, as frequências dos harmônicos e a relação com a constante de Young. Os autores consideraram que o objetivo central foi atingido pois, para fins pedagógicos, os resultados obtidos foram muito precisos apesar da relativa simplicidade experimental e suas limitações, podendo ser adaptada para outros contextos.  |
| Di Laccio Núñez Gil                   | 2021 | Binary simulation using smartphones – A Doppler effect experiment   | Di Laccio <i>et al.</i> (2021) expõem um experimento simples que tem o objetivo de simular um sistema binário de estrelas para um estudo do Efeito Doppler. O aparato experimental consistiu em dois <i>smartphones</i> fixados a uma barra giratória emitindo um som monocromático. Com um computador grava os sons no do referencial do laboratório ou da “Terra”. Os resultados experimentais puderam ser  |

|  |      |  |  |
|--|------|--|--|
|  |      |  | comparados com expectativas experimentais, o que para os autores, indica que esse experimento pode simular a técnica <i>Doppler Spectroscopy</i> utilizada para medir parâmetros como :velocidade radial e massa de um sistemas de estrelas ou exoplanetas. Di Laccio <i>et al.</i> (2021) destacam a simplicidade da montagem e os resultados satisfatórios do experimento.   |
| Barroso<br>Carvalho<br>Huguenin<br>Tort                      | 2017 | Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie                                      | Barroso <i>et al.</i> (2017) exploram o método gráfico de Pierre Lucie para o estudo da formação de imagens em lentes delgadas, e propõem uma sequência didática fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, ). Os autores modernizam o método com apoio de um simulador <i>PhET</i> e o uso do <i>software Geogebra</i> . Com os dados obtidos e analisados, respectivamente, por esses programas, é possível encontrar a equação de Gauss. Os resultados da aplicação da sequência proposta em turmas do Ensino Médio evidenciaram sua possibilidade de ser potencialmente significativa. |
| De Jesus.<br>Sasaki  | 2021 | Videoanálise usando uma câmera trêmula   | De Jesus e Sasaki (2021) discutem os resultados de uma investigação sobre uma problemática envolvendo a vídeoanálise no ensino de física. Quando o vídeo é gravado sem suporte, o vídeo tende a ficar trêmulo, o que produz discrepâncias quando se analisa um movimento pelo referencial padrão do <i>software Tracker</i> . Assim, os autores implementam uma correção para o balanço da câmera, o que gera uma diminuição drástica dos erros da vídeoanálise e, conseqüentemente, a possibilidade de análises mais precisas.  |
| Orengo<br>Schäffer   | 2018 | Os dados nucleares da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) como aporte científico no Ensino de Física Nuclear | Orengo e Schäffer (2018) apresentam uma sugestão de atividade para o ensino de conceitos da Física Nuclear, com foco da Terapia por Captura de Nêutrons pelo Boro (BNCT), com auxílio dos dados da Agência Internacional de Energia Atômica, para análises qualitativas e quantitativas. Esse trabalho espera contribuir com o ensino nos níveis médio e superior, na medida em que examina a utilização pedagógica de dados relativos ao campo da Física Nuclear, por vezes considerado como um complexo terreno epistemológico.  |
| Lunazzi<br>Prado<br>Carvalho<br>Rodrigues<br>Ossaka<br>Souza | 2019 | 3D para celular: revivendo um vídeo, e fazendo um estereoscópio  | Lunazzi <i>et al.</i> (2019) relatam a construção uma versão do estereoscópio de Brewster, um aparato que, com uso de um celular, permite visualizar um vídeo tridimensionalmente. Além da construção, exibem o processo de edição do vídeo original de um filme com uso do <i>software</i> gratuito <i>Blender</i> , para utilização no estereoscópio. O resultado foi considerado satisfatório   |
| Soga<br>Ueno-<br>Guimarães<br>Muramatsu                      | 2020 | Um Estudo Experimental sobre a Luz Negra com Smartphone  | Nesse artigo, Soga <i>et al.</i> (2020) investigam a emissão espectral da lanterna de três <i>smartphones</i> , que com um filtra azul emitem luz ultravioleta, com a finalidade de realizar experimentos de fluorescência. Também é realizada uma comparação com a emissão de uma lâmpada de luz negra. A análise proposta permitiu verificar que a lanterna do <i>smartphone</i> não emite luz ultravioleta, e por isso não há risco no manuseio cotidiano do celular. Além disso, concluíram que não é possível realizar  |



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | experimentos de fluorescência com a lanterna do aparelho. |
|--|--|--|---|

Fonte: Elaboração própria.

Observando o quadro acima, podemos notar que, com frequência, diversos autores têm investigado as possibilidades de uso do *smartphone* como um meio de incentivar, motivar ou melhorar a aprendizagem de tópicos de Física. Por vezes, os estudos se direcionam a aplicações no Ensino Básico, outras no Ensino Superior. Na maior parte das obras analisadas, o celular é visto como um meio para a realização de experimentos, mais ou menos acessíveis ao público em geral. Todavia, no caso desta dissertação, investigamos uma situação atípica que tornaria por demais difícil a utilização do celular com essa finalidade, e somente o experimento não seria capaz de contemplar nosso objetivo central: ofertar um curso acessível e introdutório de mecânica newtoniana.

Por esse motivo, consideramos que seria relevante a utilização de um potente aporte teórico que nos possibilitasse analisar o processo de aprendizagem de uma forma ampla e rigorosa, balizando nossa investigação acerca da aprendizagem remota. Um constructo que se mostra adequado e que, por isso, foi adota como o principal aporte teórico para a criação de uma sequência didática para a Educação Básica está contida na Teoria Social Cognitiva proposta por Albert Bandura (1977; 1986), a saber: as *crenças de autoeficácia* (BANDURA, 1977). A seguir, relataremos nossa busca pela utilização das teorias de Albert Bandura no ensino de Física.

### 2.1.2 Ensino de Física e as crenças de autoeficácia

Conforme é explicitado por Azzi e Polydoro (2006), a formulação teórica geral de Bandura conhecida como Teoria Social Cognitiva (TSC) é de grande importância para a psicologia contemporânea, reverberando em diversas áreas do conhecimento, como é o caso da Educação. Delimitar o constructo da autoeficácia não é uma tarefa trivial uma vez que este aparece na literatura entrelaçado a outros constructos da TSC. Cunhada formalmente em 1977 por Bandura, a percepção de autoeficácia pode ser compreendida como os julgamentos ou crenças das pessoas sobre as suas capacidades em organizar e executar cursos de ação necessários para a obtenção de um nível ou tipo específico de desempenho. Essas crenças são centrais, do ponto de vista desta teoria cognitiva, para a explicação do comportamento humano, o que em

particular, aplica-se ao indivíduo no contexto acadêmico.

Nesse sentido, ao compreender a Física em suas dimensões conceitual, epistemológica e experimental, e o contexto de ensino e aprendizagem curricular nos quais os estudantes do Ensino Médio estão submetidos, pode-se depreender que as convicções dos discentes – sobre suas capacidades para realizar com sucesso a organização e a execução de cursos de ação para alcançar as metas designadas pela escola e pelo professor – atuam como um dos determinantes mais relevantes de seus comportamentos, pensamentos e sentimento em relação à disciplina de Física. Por esse ângulo, o quão bem ou mal um estudante se julga capaz de articular as dimensões dessa área do conhecimento científico, tal qual, de realizar as tarefas propostas no processo educacional, afeta de modo central sua motivação para o aprendizado e a participação nessa disciplina o que, em alguma medida, influe em seu desempenho acadêmico.

Para a fundamentação teórica da presente pesquisa coube procurar trabalhos que trataram especificamente das crenças de autoeficácia no contexto do Ensino de Física. Ao buscarmos por diversos termos<sup>64</sup> relacionados ao ensino de Física e às contribuições de Bandura na WoS e SciELO org. entre os anos 2017 e 2021, encontramos apenas os trabalhos de Fraiha *et al.* (2018) e Selau *et al.* (2019). Em uma busca mais ampla no *Google Scholar*, foram encontrados dois trabalhos mais citados que Selau *et al.* (2019): Rocha e Ricardo (2014; 2016). Ainda, é apresentada nesta seção a pertinente revisão de literatura de Bopsin e Guidotti (2021) das crenças de autoeficácia no contexto do ensino de Física.

Nos estudos de Rocha e Ricardo (2014; 2016) o tema em questão são as crenças de autoeficácia docente com relação ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Os autores partem da noção de que as práticas docentes também são reguladas por fatores internos ao indivíduo, sendo as crenças acerca de capacidades específicas – nos termos propostos por Albert Bandura – uma formulação interessante para a compreensão do comportamento humano. Assim, no primeiro estudo (ROCHA; RICARDO, 2014), é proposto e validado estatisticamente um questionário como instrumento de medida das crenças de eficácia pessoal de professores em respeito ao seu trabalho com a FMC. No segundo estudo, (ROCHA; RICARDO, 2016), os pesquisadores propõem uma análise qualitativa das convicções

---

<sup>64</sup> Utilizamos a *string*: “ensino de física” AND (bandura OR autoeficácia OR auto-eficácia OR “self-efficacy”).

docentes acerca da FMC, por meio da realização de entrevistas. Apesar da tradição dos estudos quantitativos com relação as crenças pessoais, os pesquisadores ponderam que a análise qualitativa permite avaliar alguns aspectos importantes, como os fatores que aumentam ou diminuem essas crenças e como elas atuam no balizamento da prática docente. A partir dessa investigação, os autores concluem que:

i) os professores que demonstraram maiores índices de crenças de autoeficácia são mais propensos ao trato com a FMC em suas aulas, de modo a buscarem alternativas para lidar com as dificuldades presentes em seu cotidiano; ii) diferentes níveis de crenças de autoeficácia podem levar os indivíduos a interpretações distintas de situações semelhantes; iii) a precária formação ligada a FMC é um fator que atua sobre as crenças de autoeficácia pessoal dos professores (ROCHA; RICARDO, 2016, p. 223).

Dessa maneira, podemos depreender a potência do constructo das crenças de autoeficácia para o ensino, ao vislumbrar que essas convicções afetam as práticas em diferentes instâncias, até mesmo, na escolha dos docentes por abordar ou não algum tópico de Física. Fraiha *et al.* (2018) narram a implementação de uma disciplina piloto – baseada em atividades investigativas – em uma turma inicial de graduação em Física de uma universidade brasileira. Os investigadores adentram o debate da *Alfabetização Científica*, visto que um dos grandes desafios da educação contemporânea é contribuir para uma formação crítica, no qual todos os membros da sociedade sejam capazes de participar e decidir sobre temas que envolvam ciência e tecnologia, embasados em argumentação científica e conhecimentos adquiridos por pesquisadores ao longo da história humana. O que torna necessário que os estudantes do século XXI se apropriem criticamente dos conhecimentos disponíveis e o utilizem para um melhor convívio e atuação na transformação social.

Ao confrontarmos esse ideal social com a realidade da Educação brasileira, percebemos a complexidade e urgência desse tema. O ensino de ciências é iniciado nos Anos Finais do Ensino Fundamental, e como Fraiha *et al.* (2018) comentam, os dados do Ministério da Educação (FAYOUL; BAGNO, 2012; OLIVEIRA, 2016) evidenciam que parte considerável dos estudantes chega ao Ensino Médio com falhas substanciais em suas formações, particularmente relativas ao letramento e numeramento. Etapa na qual precisarão de habilidades e competências aprimoradas para interpretação dos textos e quantidades nas disciplinas de Física, Química, entre outras. Nesse contexto, Fraiha *et al.* (2018) reforça a exigência de se refletir sobre as metodologias atuais, criticando a forma segmentada e desconexa no qual se abordam

as disciplinas científicas, passando ao longe da multi, inter e transdisciplinariedade, o que na visão dos autores se deve, em parte, aos currículos da formação docente.

Partindo desse pressuposto, Fraiha *et al.* (2018) propuseram e aplicaram uma metodologia em uma disciplina de primeiro semestre da graduação de Física, que revisitou tópicos estudados na Educação Básica por meio de atividades investigativas. Os autores optaram por adotar uma forma qualitativa de analisar os resultados, e assim, destacaram o engajamento da turma nas atividades, proporcionando por exemplo, um aumento nas discussões verificadas em sala de aula, nas redes sociais do grupo da turma, e com os professores da faculdade. Outro aspecto dito nitidamente observado pelos professores foi o aumento da percepção de autoeficácia dos estudantes, de acordo com o comportamento dos alunos, por exemplo, na apresentação ao final da disciplina.

Com base nos textos de Ricardo e Rocha (2014; 2016), Fraiha *et al.* (2018) e Selau *et al.* (2019) podemos notar que a Teoria da Autoeficácia (AZZI; POLYDORO, 2006) vem sendo apropriada por muitos estudiosos internacionalmente e em diferentes áreas, particularmente na educação; todavia, com menos intensidade no Brasil e em relação ao ensino de Física. Espera-se com a presente pesquisa contribuir com o debate nesse campo. Com o objetivo de ampliar a análise das investigações sobre o ensino de Física pela perspectiva da TSC (BANDURA, 1986), cabe apresentar a oportuna revisão da literatura realizada por Bopsin e Guidotti (2021). Estes autores discutem que a desmotivação dos estudantes na Educação Básica para estudar Física podem produzir inúmeros obstáculos para a aprendizagem, incubindo os docentes de criar condições favoráveis ao desenvolvimento discente.

Bopsin e Guidotti (2021), assim como Lefrançois (2019)<sup>65</sup>, explicitam que diferentes teorias trataram da motivação dos estudantes, como: a Teoria da Autodeterminação (DECI; RYAN, 1985), por meio dos conceitos de motivação intrínseca e extrínseca; a Teoria da Atribuição de Causalidade (HEIDER, 1970), com a formulação das causas disposicionais; e a Teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986), entorno dos constructos da autorregulação e, especialmente, das crenças de

---

<sup>65</sup> Lefrançois (2019) explana que, além da inteligência, a motivação é um dos principais determinantes do desempenho escolar. Um *motivo* pode ser consciente ou inconsciente, incitando a ação ou a não ação. Para este autor, “motivos são as forças que incitam a pessoa a agir” (p. 362), em outras palavras, são os agentes que produzem um comportamento. Por um outro lado, as razões de uma ação são explicações racionais, envolvendo deliberação, propósito e antecipação dos resultados. Assim, “as teorias psicológicas da motivação tratam tanto das razões quanto das causas do comportamento” (LEFRANÇOIS, 2019, p. 362).

autoeficácia. Para compreender as aplicações desta última teoria, Bopsin e Guidotti (2021) realizam um estudo bibliográfico de periódicos A1 e A2 (com base na classificação de 2013-2016 das revistas no Banco de Dados Qualis Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior – CAPES), além de artigos encontrados no Portal de Periódicos da CAPES e no Google Scholar, sem restrição do ano de publicação.

Bopsin e Guidotti (2021) localizaram inicialmente 52 artigos em 28 revistas (A1 e A2), que segundo os autores, puderam ser organizados em seis categorias de acordo com a centralidade de cada estudo: (i) professores; (ii) estudantes do Ensino Superior; (iii) estudantes da Educação Básica; (iv) revisão da literatura; (v) saúde e; (vi) estudos teóricos. Apenas cinco desses trabalhos tratavam de Física, e por isso, ampliaram o escopo de textos utilizando o Portal de Periódicos da CAPES e no Google Scholar. Assim, os autores recuperaram e analisaram onze artigos (Quadro 13) sobre as crenças de autoeficácia no Ensino de Física.

**Quadro 13** - Informações dos onze artigos selecionados e agrupados por Bopsin e Guidotti (2021) sobre as crenças de autoeficácia e o Ensino de Física

| Ano  | Autores                              | Título  | Revista  | Grupo |
|------|--------------------------------------|---|--|-------|
| 2008 | Goya<br>Bzuneck<br>Guimarães         | Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender Física   | Revista Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional | 1 e 2 |
| 2011 | Silva<br>Barros<br>Laburú<br>Santos  | Crenças de eficácia, motivação e a formação de professores de física  | Caderno Brasileiro de Ensino de Física                 | 2     |
| 2013 | Ferreira<br>Custódio                 | Influência do domínio afetivo em atividades de resolução de problemas de física no ensino médio   | Latin-American Journal of Physics Education            | 1     |
| 2014 | Rocha<br>Ricardo                     | As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea          | Caderno Brasileiro de Ensino de Física                 | 2     |
| 2014 | Simões<br>Custódio<br>Rezende Junior | Crenças de autoeficácia e a escolha da carreira de professor de Física  | Latin-American Journal of Physics Education            | 3     |
| 2016 | Rocha<br>Ricardo                     | As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea   | Caderno Brasileiro de Ensino de Física                 | 2     |
| 2016 | Simões<br>Custódio<br>Rezende Junior | Motivações de licenciandos para escolha da carreira de professor de Física  | Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências | 3     |
| 2019 | Espinosa<br>Araújo<br>Veit           | Crenças de autoeficácia em aprender física e trabalhar colaborativamente: um estudo de caso com o método Team Based Learning em uma disciplina de Física Básica | Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia   | 3     |

|      |                            |  |  |   |
|------|----------------------------|--|--|---|
| 2019 | Neto Lima Struchiner       | Crenças de Autoeficácia Docente no Ensino de Física: Uma Análise sobre o Percurso de Formação Docente  | Ensino, Saúde e Ambiente                               | 3 |
| 2019 | Selau Espinosa Araújo Veit | Fontes de autoeficácia e atividades experimentais de física: um estudo exploratório  | Revista Brasileira de Ensino de Física                 | 3 |
| 2020 | Pigozzo Ribeiro Heidemann  | A Evasão na Perspectiva de quem Persiste: um Estudo sobre os Fatores que Influenciam na Decisão de Evadir ou Persistir em Cursos de Licenciatura em Física Pautado pelos Relatos dos Formandos | Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências | 3 |

Fonte: Elaboração própria com base em Bopsin e Guidotti (2021, p. 12-13).

Como é possível observar no Quadro 13, três dos quatro artigos (FRAIHA *et al.*, 2018; ROCHA; RICARDO, 2014; 2016; SELAU *et al.*, 2019) encontrados na presente pesquisa também foram recuperados por Bopsin e Guidotti (2021). Estes autores separam os onze trabalhos em três grupos, que tiveram como foco: (1) os estudantes da Educação Básica; (2) os professores da Educação Básica; e (3) os estudantes do Ensino Superior. A pesquisa descrita nesta dissertação enquadra-se neste primeiro grupo. A seguir, apresenta-se uma breve descrição dos problemas de pesquisa, aspectos metodológicos e os resultados relatados nos onze textos do Quadro 13.

Em relação ao primeiro grupo, Goya, Bzuneck e Guimarães (2008) tiveram como objetivo medir as crenças de autoeficácia de professores do Ensino Médio e a motivação de seus estudantes para aprender Física, por meio de dois questionários em escala *Likert* aplicados a 20 professores e 200 discentes. Nesse estudo, o senso de eficácia pessoal dos professores relacionaram-se positivamente com a motivação dos estudantes, bem como suas estratégias pessoais de estudo. A motivação dos estudantes também apresentam relação positiva com as estratégias de estudo. Para uma mesma série do Ensino Médio, os escores médios variaram significativamente em função da turma dos estudantes. Não foram encontradas diferenças significativas entre os escores em função das séries ou da localização geográfica da escola. Goya, Bzuneck e Guimarães (2008) indicam estratégias motivacionais para o ensino de Física.

Ferreira e Custódio (2013) investigam a influência do domínio afetivo em relação à resolução de problemas de Física. Para isso, 27 estudantes participaram por meio de questionários, resoluções de exercícios e criação de gráficos emocionais. Entrevistas foram realizadas com cinco desses educandos, o que favoreceu ao

autores concluírem que: as crenças de autoeficácia e o interesse determinam de maneira relevante o grau de envolvimento e as emoções vivenciadas pelo aluno durante a resolução de problemas; as experiências com representações matemáticas e simbolismos influenciam diretamente nas emoções e nas crenças de eficácia pessoal para lidar com os problemas.

Em relação ao segundo grupo, Da Silva *et al.* (2011) debatem sobre a relação entre a formação acadêmica de docentes de Física da Educação Básica e aspectos motivacionais, na perspectiva das crenças de autoeficácia. Os dados obtidos por meio de um questionário tipo Likert respondido por 136 professores de escolas públicas e privadas, e tratados com a técnica quantitativa correlacional de Kruskal-Wallis. Mediante esse método não paramétrico, os autores identificaram que a formação dos professores de Física apresenta relação positiva com alguns aspectos motivacionais relativos ao ensino. E que professores licenciados especificamente em Física apresentaram maiores crenças de eficácia no ensino da disciplina e maiores níveis motivacionais. Em outras palavras, professores com formação em Ciências Exatas (Matemática, Química, e Engenharias) e Ciências Biológicas são menos motivados. O que, segundo Da Silva *et al.* (2011), reforça a noção de que a formação acadêmica é um fator relevante para a oferta de um ensino de Física motivador. Esse resultado é, em certa medida, corroborado pelos estudos de Rocha e Ricardo (2016), pois, por meio da análise de entrevistas com os docentes, os autores indicam que

Os professores formados especificamente em Física mostraram possuir as maiores crenças de autoeficácia; os professores com maiores crenças de autoeficácia se mostraram mais propensos a inserir Física Moderna e Contemporânea em suas aulas; e diferentes níveis de crenças de autoeficácia podem resultar em diferentes interpretações de situações semelhantes (BOPSIN; GUIDOTTI, 2021).

Nesse sentido, Rocha e Ricardo (2016) corroboram aspectos relatados por Da Silva *et al.*, (2011), e exemplificam como as crenças de autoeficácia se correlacionam com o comportamento humano, em particular, na docência em Física na Educação Básica. Por um outro lado, os autores Simões e Custódio (2014; 2016), Espinosa *et al.*, (2019), Selau *et al.*, (2019) e Pigosso, Ribeiro e Heidemann (2020) – que constituem o terceiro grupo – investigam com centralidade as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977) no Ensino Superior.

Simões e Custódio (2014) investigam a influência das crenças de autoeficácia

de 26 licenciandos de Física de uma universidade pública brasileira no processo de escolha da carreira docente. Por meio da análise de entrevistas, os autores concluem que as crenças de autoeficácia influenciam as escolhas discentes e no surgimento do interesse por carreiras científicas, dentre as quais, a de professor de Física. Por um outro lado, Simões *et al.*, (2016) utilizam, em associação ao constructo das crenças de autoeficácia, a Teoria da Atribuição de Causalidade (WEINER, 1986) e a relação dos alunos com a ciência (OSBORNE; SIMON; COLLINS, 2003) para investigar a motivação de discentes por meio de entrevistas semiestruturadas. A partir da análise das falas dos 26 licenciandos que participaram da entrevistas, os resultados encontrados por Simões e Custódio (2016) indicam que o senso de autoeficácia e as expectativas em reviver emoções positivas por parte dos estudantes foram fatores relevantes em suas escolha da carreira de professor de Física.

Espinosa *et al.* (2019) relatam um estudo que apresenta similaridades teóricas e metodológicas com a presente pesquisa. Espinosa *et al.* (2019) investigam o *ganho* conceitual (HAKE, 1998) em testes padronizados de Eletromagnetismo, bem como, as crenças de autoeficácia para trabalhar colaborativamente de estudantes de Física de uma universidade pública brasileira, ao participarem de uma disciplina no qual se aplicou uma metodologia ativa baseada no *Team Based-Learning* (TBL) desenvolvida por Espinosa *et al.* (2016). Responderam a um questionário sobre a metodologia e as crenças de autoeficácia 29 graduandos, dos quais quinze participaram também de entrevistas. Os dados coletados evidenciaram que apenas um dos quinze entrevistados manteve seu nível de confiança, enquanto os outros quatorze afirmaram que suas crenças de autoeficácia aumentaram após a disciplina. O que pode indicar que métodos ativos podem, além de aumentar o senso de eficácia pessoal para aprender Física, contribuir com o aprendizado conceitual.

Neto, Lima e Struchiner (2019) discutem que a percepção da autoeficácia afeta as escolhas, motivações e a frequência e a forma da mobilização docente em sua prática educativa. Por isso, examinam as fontes das crenças de autoeficácia de oito licenciandos em Física e analisaram o impacto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), por intermédio da aplicação de questionário e realização de entrevista. Os principais referenciais para análise das crenças de autoeficácia e o sentido da fala dos estudantes entrevistados foram, respectivamente, Bandura (1977) e Bakhtin (REZENDE; OSTER,AMM; FERRAZ, 2009). Neto, Lima e Struchiner (2019) concluem que as experiências dentro do PIBID modificaram as



fontes e as crenças de autoeficácia em relação à docência dos estudantes positivamente. E que, assim, o investimento nesses programas são caminhos a serem considerados.

Pigosso, Ribeiro e Heidemann (2020) utilizam a metodologia de Yin (2015) e o Modelo de Motivação da Persistência do Estudante, de Tinto (2017), para investigar o processo de decisão para persistir ou evadir do curso na perspectiva dos que persistiram, isto é, entrevistaram doze egressos para examinar suas motivações para a conclusão da graduação com a intenção de fomentar a persistência de licenciandos em Física. E assim, concluem que são importantes para a persistência dos discentes: (1) suas convicções sobre suas competências para lidar com demandas do curso, ou seja, suas crenças de autoeficácia; e (2) sobre o quanto se sentem pertencentes e valorizados no curso, isto é, seus sentidos de pertencimento; e (3) a estruturação da identificação com a profissão docente. O senso de pertencimento foi compreendido como o constructo mais relevante, seguindo pelo das crenças de autoeficácia e da percepção do currículo.

Em vista desses onze trabalhos apresentados acima, Bopsin e Guidotti (2021, p. 15) concluem que:

[...] os estudos analisados apontam existir uma correlação moderada entre as crenças de eficácia dos professores e a motivação de seus estudantes; que a formação acadêmica e o contexto em que os professores estão inseridos são relevantes para a construção das crenças de autoeficácia; que metodologias ativas, como TBL e Episódios de Modelagem, propiciam um aumento das crenças de autoeficácia dos estudantes; que a relação entre aluno-professor no ensino médio, as influências de terceiros como pais e amigos e motivações intrínsecas são decisivas para a escolha da carreira docente; que experiências vividas no âmbito de programas de formação inicial de professores, como o PIBID, alteram as fontes das crenças de autoeficácia destes futuros docentes; e que dentre os vários construtos da motivação dos estudantes, o senso de pertencimento é o mais decisivo para que os estudantes avaliem sua própria evasão do curso. Vale ressaltar que são necessários mais estudos que corroborem ou interroguem os resultados dessas pesquisas.

Dessa forma, a compreensão da importância e da produtividade dos constructos da TSC (BANDURA, 1977; 1986) para a compreensão de aspectos relevantes ao processo de ensino e aprendizagem de Física, principalmente para discutir a motivação no contexto acadêmico. Em particular, apresenta-se com centralidade a formulação das convicções sobre a própria eficácia para desenvolver os cursos de ação necessários para atingir um determinado desempenho, em outras

palavras, das crenças de autoeficácia, tanto discente como docente. Por esse motivo, é imprescindível tratar com mais profundidade os constructos da TSC e, por isso, o objetivo da próxima seção deste texto é discutir os pontos principais desta teoria.

## 2.2 Teoria Social Cognitiva

Azzi e Polydoro (2006) explicam que muitos termos foram utilizados para se referir ao constructo da autoeficácia: Teoria da Autoeficácia, Teoria da Autorregulação e Teoria Social Cognitiva. Segundo as autoras, a TSC é a denominação que Albert Bandura propôs ao conjunto de constructos que desenvolveu para explicar o comportamento humano; e que a formulação da autoeficácia em suas obras é discutida e correlacionada com os diferentes constructos. Assim, embora a Teoria da Autoeficácia possa ser discutida independentemente, intervenções propostas com base na discussão apenas da autoeficácia terão menos consistência pois esse constructo está contido na TSC. A seguir, trataremos dos principais constructos da teoria psicológica de Bandura.

Azzi e Polydoro (2006), bem como Vieira e Coimbra (2006), esclarecem que o termo autoeficácia foi cunhado por Albert Bandura (1925 – 2021) em 1997 e permaneceu em prolífico desenvolvimento até os dias atuais. Desde então, esse conceito veio sendo assimilado por diversos estudiosos em numerosas áreas de pesquisa<sup>66</sup>. Albert Bandura, um dos intelectuais mais proeminentes da Psicologia faleceu no dia 26 de julho em 2021, aos 95 anos.

De acordo com Lefrançois (2008, p. 3, grifo do autor),

*Psicologia é a ciência que estuda o comportamento e o pensamento humanos. Busca saber como a experiência afeta o pensamento e a ação; explora os papéis da biologia e da hereditariedade; examina a consciência e os sonhos; acompanha como se dá a transformação de crianças em adultos; investiga as influências sociais. Basicamente, tenta explicar como as pessoas pensam, agem e sentem.*

As primeiras tentativas de compreender o que é a consciência e o conhecimento remontam, pelo menos, aos filósofos antigos<sup>67</sup>, que também faziam

---

<sup>66</sup> Por exemplo, nas áreas de: saúde, esporte, educação e trabalho (AZZI; POLYDORO, 2006). De acordo com a plataforma do *Google Scholar*, até outubro de 2021, sua obra *Self-efficacy: The exercise of control* (1999) foi citada 97937 vezes.

<sup>67</sup> Platão acreditava que conhecemos apenas ideias. Aristóteles propôs que conhecemos o mundo

conjecturas sobre a natureza da realidade. Contudo, a dificuldade de se especular sobre a mente (ou consciência) - devido à incapacidade de observá-la diretamente - levaram os estudiosos a mudar o foco da análise, a saber: considerar as leis que regem o comportamento humano (observável) como maneira indireta de compreender a mente. Essa ideia está base de parte das teorias mais atuais sobre aprendizagem (LEFRANÇOIS, 2008).

Na Psicologia, o comportamento e a sua modificação estão relacionados com (e podem evidenciar uma) aprendizagem. Sabemos atualmente que conhecer ou aprender algo não pode ser reduzido à ideia de se reter (e eventualmente utilizar) uma informação. Os comportamentos não costumam ser uma reprodução exata e objetiva de alguma informação. Mesmo assim, pesquisas psicológicas passaram a buscar evidências de aprendizagem mediante a alteração do comportamento de uma pessoa. Aprendizagem esta, vista como consequência de uma experiência. A complexidade da relação entre comportamento e aprendizagem pode ser notada observando que outros fatores; por exemplo, a ocorrência de lesões no sistema nervoso, ou a ingestão de drogas pode alterar o comportamento da pessoa, não decorrendo então de uma aprendizagem.

Dessa forma, ao considerar um organismo (humano ou não) exposto à eventos externos (ou internos) aos quais é sensível, podemos definir aprendizagem como “Todas as mudanças relativamente permanentes no potencial de comportamento, que resultam da experiência, mas não são causadas por cansaço, maturação, drogas, lesões ou doença” (LEFRANÇOIS, 2008, p. 6)<sup>68</sup>. Essa definição, quando se refere às mudanças no *potencial*, indica a ideia de latência, isto é, que aprender não implica em desempenhar, ou alterar automaticamente o comportamento. Fica implícito que o aprendizado resulta em modificações na capacidade e na disposição (tendência ao desempenho), a efetivação da alteração comportamental depende de outros fatores, discussão que será melhor desenvolvida mais adiante.

Até aqui, estamos abordando questões basilares do paradigma educacional

---

externo – ou algo dele – indiretamente, através da percepção de uma cópia da realidade em nossas mentes. Já Descartes utilizou o método da introspecção para desenvolver seu dualismo interativo entre o corpo e a mente - ou a alma, exemplos de substâncias material e imaterial, respectivamente (LEFRANÇOIS, 2008).

<sup>68</sup> Lefrançois (2006, 2019) expõe que sabemos atualmente que o aprendizado é um processo neurológico interno invisível.

–, e mais especificamente, do ensino de física. No caso dessa dissertação, nos dedicaremos, entre outras coisas, em analisar fatores que moderam/melhoram o aprendizado de física e, paralelamente, as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977, 2001); que serão “observados” por meio da modificação do comportamento e das crenças de autoeficácia dos estudantes.

Compreender a ação humana e controlar premeditadamente determinantes para que atuem na produção de uma modificação de comportamento específica é algo bastante complexo. Por esse motivo, para a proposição e a análise dos impactos de uma intervenção de ensino – objetivo geral desse trabalho -, demanda-se o uso de um aporte teórico robusto, a saber, uma teoria psicológica de aprendizagem que atue como prisma para o entendimento do comportamento e suas modificações. Uma teoria que contempla esses aspectos e que vem sendo utilizada em diversas áreas pesquisa com considerável frequência nas pesquisas em Ensino de Física, notadamente no Brasil, é a Teoria Social Cognitiva (TSC) de Albert Bandura. A seguir exporemos um breve panorama histórico-conceitual que contextualiza o desenvolvimento da TSC, e seus principais constructos: a reciprocidade triádica, a modelação, a agência humana, a autorregulação e as crenças de eficácia (AZZI, 2008). Também comentaremos sobre como essa teoria vem subsidiando pesquisas no contexto educacional, sobretudo no Ensino de Física.

Podemos depreender da discussão acima, que a psicologia da aprendizagem (ou do comportamento)<sup>69</sup> baseia-se na observação da ocorrência de modificações comportamentais como consequência de uma experiência. Lefrançois (2008) afirma que apesar das teorias da aprendizagem virem ganhando complexidade e abrangência ao longo dos anos – devido às novas descobertas e constatações -, as primeiras conjecturas ainda são muito influentes sobre as teorias/pesquisas contemporâneas. Algumas pessoas consideram que o início da psicologia em contornos científicos se deu no laboratório de Wilhem Wundt, ao final no século XIX. Seus seguidores na Europa e na América do Norte tentaram aplicar métodos objetivos da ciência para o estudo dos conceitos mentais - como é o caso da consciência.

No início dos anos de 1900, os psicólogos (especialmente nos Estados Unidos) começaram a rejeitar temas difíceis e subjetivos como mente e pensamento, em vez disso escolheram concentrar-se nos aspectos mais

---

<sup>69</sup> Teoria da aprendizagem e teoria do comportamento são termos que, por vezes, são utilizados como sinônimos na psicologia (LEFRANÇOIS, 2008).

objetivos do *comportamento*. Essa orientação ficou conhecida como *behaviorismo* e deu origem a teorias de aprendizagem envolvidas principalmente com eventos objetivos, como estímulos, respostas e recompensas (LEFRANÇOIS, 2008, p. 23).

Na vertente behaviorista destacaram-se nomes como Pavlov, Watson, Guthrie, Thorndike, Hull e o eminente psicólogo estadunidense B.F. Skinner. Os teóricos dessa linha consideravam o *estímulo* e a *resposta* como únicos aspectos observáveis do comportamento. Outras perspectivas que, com mais ou menos força, disputaram esse campo ao longo dos anos<sup>70</sup>, representaram uma transição para uma nova e importante linha teórica: o cognitivismo. Aos poucos o behaviorismo perdeu espaço para a vertente *cognitivista*, que entre os teóricos mais reconhecidos citamos Bruner, Piaget, Vygotsky. Segundo Mandler (1985, apud LEFRANÇOIS, 2008), esta vertente está interessada na atividade mental humana, e em três dimensões dela: o processamento da informação, a representação e a autoconsciência.

Bandura (2008, p. 16) comenta:

O behaviorismo estava bastante em voga na época em que comecei minha carreira. O processo de aprendizagem ocupava uma posição central nessa forma de teorização, e as análises predominantes da aprendizagem concentravam-se quase inteiramente em aprender por meio dos efeitos dos próprios atos. Os mecanismos explicativos eram colocados em termos de associação entre os estímulos ambientais e as respostas. A teorização behaviorista discordava da realidade social evidente de que grande parte daquilo que aprendemos ocorre por meio do poder da modelação social. Para mim, era difícil imaginar uma cultura cuja língua, moral, costumes e práticas familiares, competências ocupacionais e práticas educacionais, religiosas e políticas fossem moldadas gradualmente em cada novo membro pelas consequências reforçadoras e punitivas de seus comportamentos de tentativa e erro. Esse processo tedioso e potencialmente perigoso, no qual os erros têm um custo elevado, era encurtado pela modelação social (BANDURA, 2009, p. 16).

Apesar de seus primeiros trabalhos derivarem das teorias skinnerianas e hullianas, Bandura já acreditava ser importante considerar os pensamentos e intenções do indivíduo, atribuindo “[...] papel cada vez maior à capacidade humana de antecipar as consequências do comportamento” (LEFRANÇOIS, 2008, p. 374). Bandura desenvolveu uma teoria de aprendizagem social derivada da teoria behaviorista de Miller e Dollard (1941), que se baseava na noção hulliana de

---

<sup>70</sup> Como os teóricos do humanismo, sociobiologia, existencialismo e psicanálise (BANDURA, 2008).

aprendizagem como resultado da redução de impulso<sup>71</sup> (LEFRANÇOIS, 2008). A teorização inicial de Bandura abandonava o elemento hulliano, e baseava-se no condicionamento operante de Skinner. A chamada teoria da *aprendizagem por imitação*, ou de *aprendizagem por observação* de Bandura tornou-se quase sinônimo da designação *aprendizagem social* (LEFRANÇOIS, 2008). Ao ser modificado e ampliado ao longo dos anos (ao reconhecer e incorporar aspectos cognitivos), o constructo é denominado (em meados do século de 1980) de *Teoria Social Cognitiva*.

### 2.2.1 Reciprocidade Triádica

As teorias comportamentais geralmente se baseiam em um conjunto limitado de determinantes (BANDURA, 2008). Diversos modelos causais foram propostos na tentativa de explicar o funcionamento humano. Situaremos o constructo da Reciprocidade Triádica (BANDURA, 1986) por meio de uma rápida análise dos modelos desse campo. As linhas mais radicais do behaviorismo, predominantes na época em que a TSC foi desenvolvida, endossavam a ideia da existência de dois tipos de interação com o ambiente: pelo comportamento *respondente* e pelo comportamento *operante*. A característica de *unidirecionalidade* na interação via ação *respondente* - humana ou não -, exemplifica-se na frase de Skinner: “[...] a pessoa não age sobre o mundo, o mundo é que age sobre ela” (SKINNER, 1971, apud BANDURA, 2008, p. 44). Nesse aspecto, o *ambiente* molda e controla o comportamento. Enquanto no comportamento *operante*, as ações influem e, possivelmente, modificam o ambiente, isto é, operam sobre ele. Ocorrendo, desse modo, uma influência *bidirecional*. Alguns autores, como é o caso de Bandura (2008) defende que essas abordagens vêm sendo consideradas insuficientes, tanto quanto aquelas que, com menor força, propunham o determinismo *pessoal* unidirecional (como em formulações humanistas e existencialistas)<sup>72</sup>.

Os expoentes do determinismo ambiental estudam e teorizam a respeito do modo como o comportamento é controlado por influências situacionais. Aqueles que favorecem o determinismo pessoal procuram as causas do

---

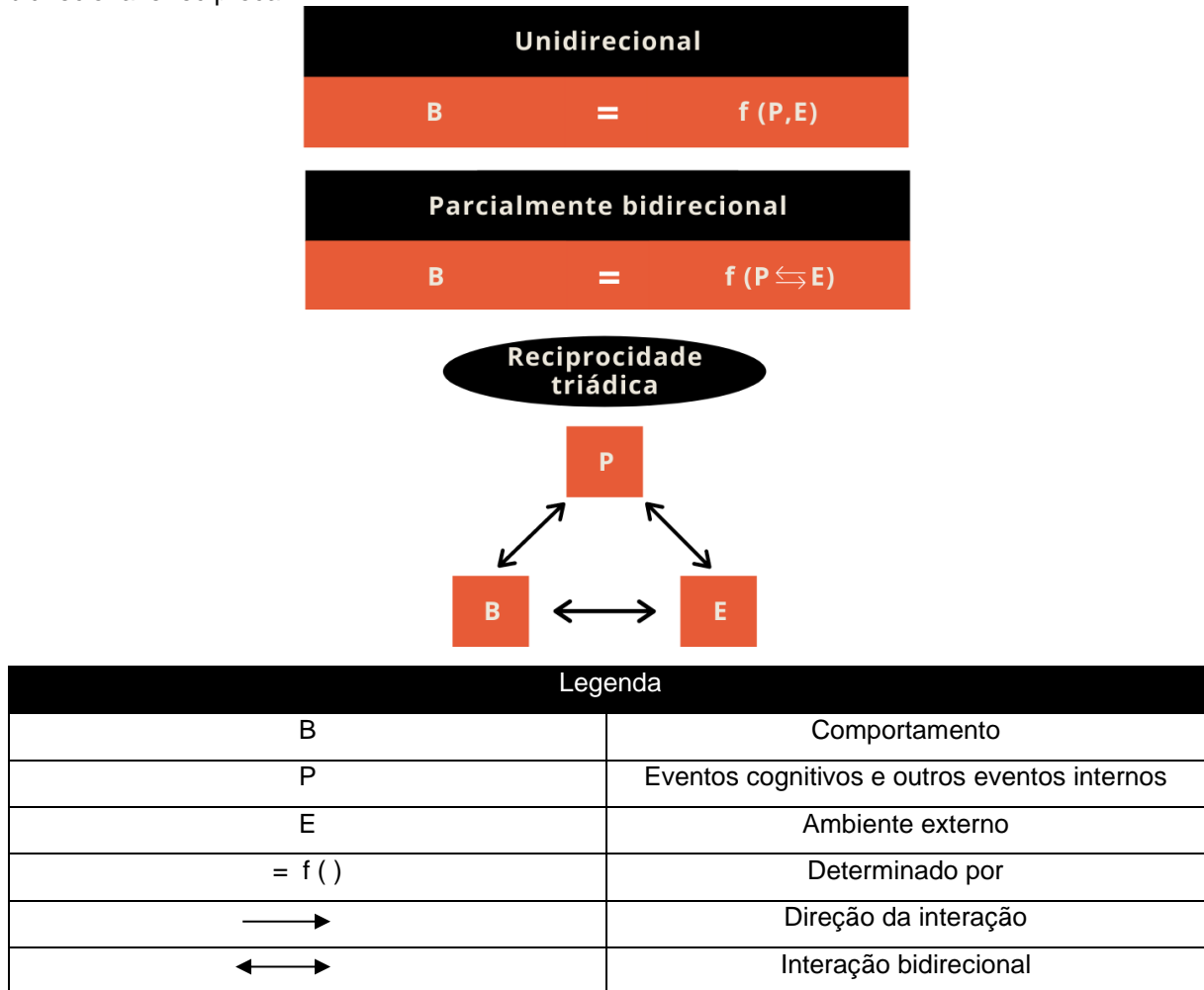
<sup>71</sup> Nessa teoria, o comportamento surge como resposta a um determinado impulso. Lefrançois exemplifica com o impulso fome, que produz um estímulo ao organismo, no caso, a sensação de fome. Logo, reduzir o impulso reduziria o estímulo, o que seria reforçador e causador de uma aprendizagem. Contudo, em pesquisas de privação sensorial realizadas por Hebb ficou demonstrado que quando ficam entediadas, pessoas buscam ser estimuladas.

<sup>72</sup> O determinismo unidirecional *ambiental* ou *pessoal* está representado na Figura 8.

comportamento em fontes disposicionais, na forma de instintos, impulsos, traços e outras forças motivadoras dentro do indivíduo. Os interacionistas tentam acomodar os fatores situacionais e disposicionais, mas segundo uma visão essencialmente unidirecional do processo de comportamento. [...] A teoria da aprendizagem social (Bandura, 1974, 1977b) analisa o comportamento segundo o determinismo recíproco (BANDURA, 2008, p. 43).

Aqui, o termo *determinismo* considera que - devido à complexidade dos fatores envolvidos - os eventos não produzem respostas rígida e automaticamente, senão, probabilisticamente. Ao longo do tempo, as pesquisas evidenciaram que os determinantes da ação humana não advêm apenas de influências externas (situacionais), tendo o processo cognitivo um papel indispensável. Os teóricos também consideraram insatisfatória a noção unidirecional dos determinantes - inclusive nas visões *interacionistas* -, nesse contexto, a teoria da aprendizagem social propõe o determinismo recíproco. Nessa visão, o ato de investigar uma causa final do comportamento (comum em outras abordagens) perde sentido. Dependendo de onde se começa a análise, um evento pode ser estímulo, uma resposta ou reforço no processo. Para Bandura o funcionamento psicológico humano decorre de uma interação contínua e recíproca entre influências: ambientais, cognitivas e comportamentais (BANDURA, 2008). Aqui, o comportamento não é produto das situações e/ou disposições, mas um determinante interativo, interdependente. Na verdade, Bandura destaca que o ambiente afeta nosso comportamento através de processos cognitivos intermediários (OLIVEIRA, 2016). Essas abordagens estão representadas abaixo na Figura 6.

**Figura 6** – Representação esquemática de três concepções de interações: unidirecional, parcialmente bidirecional e recíproca



Fonte: Elaboração própria baseada em (BANDURA, 2008, p. 45).

De fato, a teoria de aprendizagem social de Bandura (1976) corroborou a ideia de que nós, humanos, adquirimos uma parte relevante do conhecimento mediante as consequências de nossas ações, havendo uma tendência maior de repetirmos comportamentos em que recebemos um reforço, ou seja, “recompensados”. Todavia, a teoria de Bandura (1976) se distancia epistemologicamente da visão *behaviorista* baseada essencialmente no condicionamento ambiental clássico (reforço-punição), pois passa a considerar crucial o papel dos processos cognitivos. “Enquanto agem, as pessoas também estão avaliando cognitivamente a progressão dos eventos” (BANDURA, 2008, p. 48). Estudos em diversas linhas corroboraram o entendimento de que fatores cognitivos modificam a relação funcional entre ações e resultados (BANDURA, 2008). O comportamento é afetado pelo reforço e punição, mas não é



controlado por eles<sup>73</sup>. Somos capazes de influenciar as circunstâncias e nosso próprio comportamento diante delas, além de antecipar os resultados de uma ação e agir intencionalmente. Percebemos, avaliamos e regulamos nossas ações. Tudo isso se refere à características fundamentais do constructo da *agência humana* na TSC, abordada em mais detalhes adiante.

Outra diferença teórica que compõe a TSC é a incorporação e destacamento da aprendizagem por observação (vicária) como fonte de influência externa. Proponentes do Behaviorismo como Watson e Thorndike negavam a ocorrência da aprendizagem observacional por não haver o desempenho de respostas (LEFRANÇOIS, 2008). Quando se trata de pessoas, o comportamento social prevalece, e uma importante fonte de influências para seu desenvolvimento é imitação/modelagem. “A aprendizagem por meio da imitação, diz Bandura, é, na verdade, uma forma de aprendizagem operante” (LEFRANÇOIS, 2008, p. 376). Bandura baseou sua teoria no *condicionamento operante* de Skinner, mas o autor considerava que esse mecanismo por si só é incapaz de explicar o funcionamento humano, desde seus comportamentos mais simples às mais complexas.

Bandura e Walters (1963) evidenciam que a aprendizagem e desempenho social não decorre somente das consequências de uma ação direta sobre o meio, mas principalmente, da observação de modelos e das consequências de seus atos. De modo que a observação de modelos (sejam eles humanos ou simbólicos) funcionam como importantes fontes de informação e autenticação dos pensamentos. A imitação, que pode ser considerada um tipo de comportamento emitido ao observar um modelo, é central no desenvolvimento do comportamento social, tal como, a aprendizagem de uma língua, de modo de vestimenta, ou demais comportamentos característicos de uma cultura. Isso explicita a relevância e o poder da aprendizagem vicária para a compreensão do funcionamento humano e social.

A teoria da aprendizagem social trata o determinismo recíproco como um princípio básico para analisar fenômenos psicossociais em diferentes níveis de complexidade, variando do desenvolvimento intrapessoal ao desenvolvimento interpessoal, ao funcionamento interativo de sistemas sociais e organizacionais (BANDURA, 2008, p. 64).

---

<sup>73</sup> Essa perspectiva, em alguma medida, pode ser considerada como demais restritiva sobre o que trata do *behaviorismo* (*comportamentalismo*). Nessa vertente, o comportamento *verbal* no qual se pode considerar a ocorrência e a relevância de processos cognitivos. Nesse sentido, mesmo que epistemologicamente não haja uma diferença substancial entre algumas linhas do *behaviorismo* e a TSC, a principal diferença pode ser dita muito mais ontológica; pois, no caso do *behaviorismo*, não são estabelecidos constructos acerca do não observável, como é caso da “mente”.

Em resumo, a teoria de Bandura se constituiu com base em uma consistente e ampla fundamentação empírica, e permanecendo adequada às evidências científicas atuais, compatibilizando-se com pesquisas contemporâneas de aprendizagem social. Devemos considerar que os determinantes da ação humana são provenientes de fontes: externas (diretas, vicárias e sociais), internas (padrões, crenças e estados emocionais) e do comportamento, interagindo recíproca e continuamente. Diversos autores ressaltam que a consideração desses fatores interdependentes são a base para compreensão comportamento social, que decorrendo principalmente de experiências vicárias seus mecanismos de funcionamento específicos, trazendo implicações/aplicações contundentes em inúmeras áreas, como é o caso da terapia e do ensino (BANDURA, 2008; AZZI; POLYDORO, 2006).

### 2.2.2 Modelação

No final da década de 1960, Bandura iniciou um engenhoso estudo sobre a aprendizagem por imitação, vicária ou observacional. Ao modificar sua teoria – previamente estabelecida em bases behavioristas – acrescentando ao constructo o papel da aprendizagem observacional e das variáveis cognitivas intermediárias, Bandura propôs a Teoria Social Cognitiva (AGUIAR, 1998). Diversas explicações sobre a imitação foram criadas no âmbito da ciência do comportamento<sup>74</sup>, permanecendo em comum a ideia de que ao imitar estamos aprendendo (BANDURA, 2008). Na teoria de aprendizagem social, a modelação está relacionada à obtenção de novos comportamentos através da observação de modelos, ou melhor, podemos entender por

modelação o processo de aquisição de comportamento a partir de modelos, seja este programado ou incidental. Também se nomeia como modelação a técnica de modificação de comportamento com o uso de modelos (BANDURA, 1965a, 1972 apud BANDURA 2008 p. 125).

A produção de Bandura entre 1961 e 1962 orientou-se: em esclarecer o papel da *imitação*, e tecer considerações sobre a relação entre as pesquisas de orientação comportamental e as formulações psicanalíticas. Em um estudo que pode ser

---

<sup>74</sup> Teoria associativa de Piaget (1951) e Vygotsky (1998).

considerado um dos clássicos da Psicologia, Bandura, Ross e Ross (1963), investigam a imitação de respostas agressivas em novas situações com a ausência do modelo. Os resultados indicavam que a observação de pistas provenientes do comportamento de alguém aumentava a probabilidade de ocorrência de determinadas respostas, “sem a necessidade de aproximações sucessivas como sugeria Skinner (1953)” (COSTA, 2008, p. 127). Podendo, desse modo, ocorrer aprendizagem mesmo quando o comportamento é apenas observado, sem desempenho e/ou reforçamento do observador ou do modelo (COSTA, 2008). Ao imitar um modelo, essa ação poderá se tornar mais ou menos frequente ao ser recompensada ou punida, não obstante, há dois aspectos importantes a serem considerados, que: a modelação ocorre principalmente por meio da função informativa, isto é, por possibilitar a aquisição de representações simbólicas das respostas observadas; e que as associações entre estímulo e resposta decorrem não somente das consequências da ação do observador, mas também das consequências imediatas ou inferidas sobre o modelo observado, e pelo autorreforçamento.

Em 1962, Bandura propõe que sejam tratados como sinônimos os termos *imitação* e *identificação*, o primeiro utilizado em teorias comportamentais, e a segunda em teorias de *personalidade* - como a *identificação com o agressor* e a *identificação defensiva* – de Freud (1946) e Mowrer (1950)<sup>75</sup>. E define a imitação como a “tendência de uma pessoa para emitir comportamentos ou atitudes similares àqueles exibidos por modelos reais ou simbólicos” (BANDURA, 1962, p. 215). Ao discutir o papel da imitação na aprendizagem social, os estudos experimentais de Bandura e Walters (1963) descrevem o aprendizado de três classes de respostas, em outras palavras, que a exposição a um modelo tem três efeitos: *Modelador*, *Inibitório/Desinibitório* e *Elicidor* (LEFRANÇOIS, 2008).

O efeito *Modelador* se refere ao aprendizado de novas respostas por meio da imitação/observação de um modelo, à ampliação do repertório de comportamentos. Os efeitos *Inibitório* e *Desinibitório* ocorrem sobre um comportamento já adquirido, engajando ou desengajando o indivíduo ao desempenho de um comportamento desviante. O efeito *Elicidor* é uma função de facilitação, de incentivo à comportamentos semelhantes ao observado (LEFRANÇOIS, 2008).

---

<sup>75</sup> Freud (1946) teorizou sobre o comportamento agressivo, relacionando-o a uma identificação com um agressor. Onde a criança passa de objeto da agressão à agressor, aliviando a ansiedade com a adoção de características do modelo agressor.

Bandura (1997; 1999) realiza uma revisão em seu programa de investigação acerca da modelação, das técnicas de modificação de comportamento, e com base em vários autores, “esboça a teoria de que a aquisição de respostas similares ou imitativas resulta, basicamente, da contiguidade dos estímulos e dos processos simbólicos associados” (COSTA, 2008, p. 135). Por meio da modelagem, somos capazes de abstrair as informações e autenticar nossos pensamentos e, possivelmente, modificar nosso comportamento. O autor descreve que a aprendizagem vicariante é dominada por quatro subprocessos: *atenção*, *retenção* (lembrança do comportamento), *reprodução* (motora) e *motivação* (COSTA, 2008).

A aprendizagem depende da atenção do observador. Tendemos a nos concentrar em comportamentos que valorizamos ou achamos importantes, igualmente, nos atentamos pouco aos comportamentos muito comuns ou raros, quando são complexos, pouco nítidos e úteis. A aprendizagem também depende da capacidade de lembrar (reter) a experiência vicária. A execução de um comportamento depende da representação simbólica (verbal e visual) do modelo na memória. Também depende das capacidades física, motoras e intelectuais do indivíduo. Por fim, os processos motivacionais atuam como razão e causa do comportamento (LEFRANÇOIS, 2008). Aqui, o reforço direto pode ser compreendido como um facilitador, não como uma condição para a modelação.

Uma pessoa pode adquirir, reter e possuir as capacidades para a execuções habilidosas do comportamento exibido pelo modelo, mas a aprendizagem raramente será ativada e desempenhada abertamente se for sancionada negativamente ou recebida de maneira desfavorável. [...] O *reforço* afeta o nível de aprendizagem observacional ao controlar a que as pessoas se tornam atentas e quanto ativamente elas codificam e praticam o que viram (BANDURA, 2008, p. 138).

Vale salientar que os behavioristas radicais recusavam a existência de influências autogeradas, assim, excluíaam processos cognitivos da análise de processos causais (BANDURA, 2008). Contudo, nas pesquisas contemporâneas os processos internos (autorreferentes) ganham lugar de maior importância, alcançando centralidade na teoria da aprendizagem social (BANDURA, 1977). No sistema de reciprocidade triádica, a ação, os processos cognitivos e o ambiente externo atuam de maneira interdependente, e os quatro subprocessos que regulam a modelagem (*atenção*, *retenção*, *reprodução* e *motivação*) estão de acordo com esse constructo.

Bandura (2008) esclarece que muitas vezes os modelos pictóricos são mais

eficazes que os verbais, e ainda mais que as demonstrações físicas, que por vezes são limitadas ou impossíveis. O poder de um modelo está relacionado a: atributos do modelo, do observador e do valor funcional do que é modelado (BANDURA, 1986). O fato de os modelos serem passíveis de veiculação em diferentes formatos – físicos, verbais e pictóricos – é extremamente relevante para a discussão da aprendizagem social contemporânea, notavelmente, pelo volume de modelos a que somos potencialmente expostos atualmente. As novas formas de comunicação - como televisão, filmes, cartazes, rádio, internet e sistemas de vídeo propagandas – são exemplos de novas e influentes fontes de aprendizagem social (BANDURA, 2008; 2006, apud AZZI, 2010). Essa exposição vem provocando “[...] mudanças em como as pessoas comunicam-se, educam, trabalham, relacionam-se e lidam com o cotidiano” (AZZI, 2010, p. 254)<sup>76</sup>.

É notável a diversidade de aplicações que decorreram e decorrem das evidências empíricas e da teorização, que ao longo dos anos estruturou-se na denominada Teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986). Destacam-se as implicações nas áreas da Psicologia, Sociologia e Educação. Similarmente, vem mostrando-se como relevante aporte teórico para a pesquisa no ensino de Física (BOPSIN; GUIDOTTI, 2021), um dos motivos pelos quais a TSC foi escolhida para esse trabalho.

### 2.2.3 Agência humana

Uma diferença importante entre as teorias behavioristas e a TSC, é que nesta última perspectiva, os seres humanos não são meros frutos do meio externo, na verdade, somos *agentes*. Como Lefrançois explica:

A teoria social cognitiva de Bandura serve como elo importante entre as teorias behavioristas e as teorias mais cognitivas. Suas raízes behavioristas são evidentes no uso que faz do modelo de condicionamento operante para explicar a aprendizagem pela imitação. Sua orientação cognitiva é aparente no reconhecimento do poder de nossa capacidade de imaginar as consequências de nossas ações e na insistência de Bandura de que somos os *agentes* de nossas próprias ações (LEFRANÇOIS, 2008, p. 390).

---

<sup>76</sup> Contemporaneamente, um termo de fora do meio acadêmico ganha notoriedade é o dos influenciadores digitais. Nesse sentido, a TSC apresenta um prisma que permite avaliar essas novas conjunturas sociais que se apresentam com as TDICs. Bandura (2017) discute essa temática em um texto intitulado: *A crescente primazia da agência humana na adaptação e mudança na era eletrônica*.

De acordo com Bandura: “ser um agente é fazer as coisas acontecerem pelas próprias ações intencionalmente”<sup>77</sup> (BANDURA, 2001, p. 2). Bandura (2001) discute que a perspectiva agêntica insere-se em um contexto de mudança do paradigma vigente na teorização psicológica. As primeiras formulações, fundadas em princípios behavioristas, incorporavam a noção de *input-output*, no qual comportamento humano seria moldado e controlado pelos estímulos ambientais. Segundo o autor, nesse modelo o estímulo (*input*) e a resposta (*output*) estão ligados por um conduto, um transmissor interno que não exerce qualquer influência sobre o processo.

Esse modelo, inicialmente em voga, cede espaço para as ideias que surgiram com o advento do computador. A ideia do funcionamento computacional linear da mente imperou por décadas - informações alimentariam o dispositivo e de acordo com regras pré-estabelecidas, respostas seriam externalizadas (LEFRANÇOIS, 2008). O conduto, antes “vazio”, passa a ser preenchido com metáforas computacionais, uma série de etapas de processamento que aproximavam a mente e o cérebro humanos à *software* e *hardware* (LEFRANÇOIS, 2008)<sup>78</sup>.

Modelos mais sofisticados com operações múltiplas e interativas foram desenvolvidos na tentativa de imitar funcionamento cerebral, mas alguns aspectos do complexo funcionamento humano não eram contemplados. A subjetividade, a intencionalidade e a autorregulação são características essenciais do ser humano que eram omitidas nas formulações computacionais, ao tentarem reduzir a consciência à um subproduto não funcional. As pessoas não são espectadoras de mecanismos internos governados por estímulos ambientais (BANDURA, 2008). “As características básicas da agência pessoal envolvem aquilo que significa ser humano” (BANDURA, 2008, p. 73). Bandura afirma ser necessário considerar as capacidades de prever, produzir e refletir são centrais na ação e sobrevivência humana. A consciência não poderia ser excluída ou diminuída. Citando Rottschaefer (1985; 1991), o autor expõe que os fatores da agência são explicativos, preditivos, e tem valor funcional demonstrado não podem ser desconsiderados, mesmo que possam ser formulados em outras linguagens teóricas (BANDURA, 2008).

---

<sup>77</sup> “*To be an agent is to intentionally make things happen by one's actions*” (BANDURA, 2001, p. 2).

<sup>78</sup> “As duas formas mais comuns de metáfora de computador são a simbólica (baseada no funcionamento do computador digital) e a conexionista (baseada no funcionamento do processamento distribuído paralelo computadorizado). Os modelos simbólicos supõem que todo conhecimento pode ser representado em símbolos e manipulado com o uso de regras; os modelos conexionistas reconhecem que uma parte da aprendizagem é implícita (mais do que explícita) e não pode ser facilmente verbalizada.” (LEFRANÇOIS, 2008, p. 405)

As características básicas da agência são: i) *Intencionalidade*, ii) *Antecipação*, iii) *Autorreflexão* e iv) *Autorreação*. A posse dessas capacidades dá aos indivíduos um sistema autorreferente que os permitem elaborar planos de ação, antecipar seus potenciais resultados, avaliar e replanejar o curso de ações (AZZI, 2010). A intenção pode ser compreendida como a representação de cursos de ação futura a serem desempenhados, não sendo uma expectativa ou predição das ações, mas um comprometimento em torná-las reais. “Em resumo, o poder de originar ações para determinados propósitos é a característica chave da agência pessoal”<sup>79</sup> (BANDURA, 2001, p. 6). A intenção, centrando-se nos planos de ação, guiam e mantém o indivíduo em curso. Na abordagem funcionalista de Bratman, as intenções parciais iniciais são preenchidas, ajustadas, revisadas, refinadas, até reconsideradas diante processo de execução da intenção (BANDURA, 2001). Na execução de um plano, uma intenção, surgem importantes aspectos de autorregulação, como detalharemos posteriormente.

A antecipação está relacionada a capacidade de simbolizar, nesse caso, de “prever” os efeitos de suas ações. “Os eventos futuros não podem, é claro, ser as causas de motivação e ação atuais, porque eles não têm existência real”<sup>80</sup> (BANDURA, 2001, p. 7). Estabelecendo uma meta, um agente pode antecipar as prováveis consequências de suas potenciais atitudes, selecionando e criando ações para atingir seus objetivos. A previsão possibilita que as pessoas extrapolem os seus ambientes imediatos, agindo de acordo com um futuro representado no presente, buscando cursos de ação que tragam satisfação, ou recompensas e evitando aqueles que resultam em punições. “Depois de adotarem padrões pessoais, as pessoas regulam seu comportamento por resultados autoavaliativos, que podem aumentar ou anular a influência de resultados externos” (BANDURA, 2001, p.7-8)<sup>81</sup>.

Segundo Bandura (2001), o agente deve, além de planejar e antecipar, autorregular e motivar suas ações. Estando os processos de *autorregulação* diretamente relacionados com a *autorreação*. A saber, a autorregulação (da motivação, do afeto e da ação) é determinada pelas subfunções de: monitoramento e orientação das ações e reações corretivas (BANDURA, 1986; 1999, apud BANDURA, 2008).

---

<sup>79</sup> *In short, the power to originate actions for given purposes is the key feature of personal agency.*

<sup>80</sup> *Future events cannot, of course, be causes of current motivation and action because they have no actual existence.*

<sup>81</sup> *“After they adopt personal standards, people regulate their behavior by self-evaluative outcomes, which may augment or override the influence of external outcomes”* (BANDURA, 2001, p.7-8).

Na teoria social cognitiva de Bandura (1986), os indivíduos são auto-organizados, proativos, auto-reflexivos e auto-regulados, em vez de organismos reativos que são moldados e orientados por forças ambientais ou movidos por impulsos interiores encobertos. [...] A maneira como as pessoas interpretam os resultados de seu próprio comportamento informa e altera os seus ambientes e os fatores pessoais que possuem, os quais, por sua vez, informam e alteram o comportamento futuro. Essa é a base da concepção de Bandura (1986) do determinismo recíproco [...] (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 98).

Dessa forma, a agência está diretamente relacionada à capacidade de autorregulação. E fica evidente a importância do sistema de *self* na TSC. Na perspectiva cognitivista de Bandura (1986), as pessoas exercem um controle substancial sobre seu próprio desenvolvimento.

Bandura (2008) afirma que dentre os mecanismos da agência, o mais imperativo - que exerce maior controle sobre os eventos externos e as ações humanas - é o de crenças pessoais. A convicção sobre a eficácia pessoal influi fortemente sobre outros determinantes comportamentais, e está na base no processo de autorregulação. As crenças de autoeficácia exercem influências sobre escolhas sobre quais atividades e ambientes alguém irá se envolver, bem como a quantidade de esforços serão ou não empregados nas tarefas e como a pessoa irá reagir aos resultados das ações. As crenças relacionam-se diretamente aos processos que estão na base da agência humana.

#### 2.2.4 Crenças de autoeficácia

As noções sobre a autoeficácia estimularam uma grande quantidade de pesquisas recentemente (LEFRANÇOIS, 2008). Intervenções terapêuticas, por exemplo, podem atuar na tentativa de aperfeiçoar processos emocionais, motivacionais, cognitivos ou comportamentais. Intervenções educacionais podem ocorrer, por exemplo, modificando o ambiente físico escolar, ou criando estratégias para melhorar os estados emocionais dos estudantes, suas crenças e habilidades acadêmicas (PAJARES; OLAZ, 2008). A TSC é uma abordagem que enfatiza que o funcionamento humano está enraizado em sistemas sociais (BANDURA, 2008), e que boa parte do desenvolvimento humano se dá a partir de transações agênticas. “Assim, os indivíduos são produtos e produtores de seus ambientes e sistemas sociais” (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 99).

A TSC é um constructo da perspectiva agêntica, no qual as pessoas



participam proativamente em seus desenvolvimentos. A aprendizagem, e as modificações comportamentais ocorrem devido a interação recíproca dos fatores ambientais, pessoais e comportamentais. Dentre os fatores pessoais, as crenças desempenham um papel fundamental, controlando – em algum nível – os pensamentos, sentimentos e, conseqüentemente, as ações dos indivíduos (PAJARES; OLAZ, 2008). De modo que o exercício da agência está diretamente relacionado às crenças pessoais.

O ambiente e os sistemas sociais influenciam o comportamento humano por meio de mecanismos psicológicos do sistema do *self*. Assim, a teoria social cognitiva postula que fatores como condições econômicas, *status* socioeconômico e estruturas educacionais e familiares não afetam o comportamento humano diretamente. [...] afetam o comportamento na medida em que influenciam as aspirações, auto-percepções, padrões pessoais, estados emocionais, atitudes e outras influências auto-regulatórias das pessoas. De um modo geral, a visão social cognitiva do funcionamento humano e coletivo teve uma profunda influência no pensamento e nas teorizações de estudiosos durante as duas últimas décadas do século XX e no novo milênio (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 100).

Nas palavras de Oliveira (2016), as crenças de autoeficácia afetam a maneira como as pessoas pensam e agem sobre o mundo, e que no contexto educacional está relacionada à percepção pessoal da própria inteligência, habilidades, conhecimentos, etc. (BZUNECK, 2001).

Uma característica essencialmente humana que está na base da aprendizagem direta ou observacional é a capacidade de simbolizar. De abstrair informações do meio, armazená-las na memória e eventualmente utilizá-las. Por sua vez, esse arcabouço simbólico nos capacita planejar, antecipar, refletir e reagir ao mundo, isto é, sermos agentes. Dentre essas competências da agência, Bandura (1986, apud PAJARES; OLAZ, 2008, p. 101) afirma que a autorreflexão é mais “distintamente humana”. Através dela, decorrem uma série de processos internos capazes de alterar o pensamento e o comportamento, como por exemplo, o mecanismo autorregulatório. As crenças de autoeficácia são centrais na TSC pois, dentre os pensamentos, é um dos que exercem influência no funcionamento humana.

Pajares afirma que muitas evidências empíricas corroboram a afirmação de que “[...] as crenças de auto-eficácia influenciam praticamente todos os aspectos das vidas das pessoas” (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 101), pois os estados afetivos, a motivação e a ação dependem mais do que as pessoas acreditam, do que em uma suposta verdade objetiva, absoluta. Em outras palavras, as pessoas agem de acordo

com suas *crenças*, o que salienta a relevância de compreender esse determinante do funcionamento humano<sup>82</sup>. O autor comenta que:

Por essa razão, pode-se prever melhor a maneira como as pessoas agirão por meio de suas crenças em suas capacidades do que pelo que são realmente capazes de realizar, pois essas percepções de auto-eficácia ajudam a determinar o que os indivíduos fazem com o conhecimento e as habilidades que possuem (PAJARES; OLAZ, 2008, p. 102).

O constructo da autoeficácia tem sido utilizado em investigações educacionais, pois como o trecho acima explicita, as crenças de um estudante atuam fortemente em seu processo de aprendizagem e nas decisões que ele tomará diante das circunstâncias. Dessa forma, é válido investigar os processos pelos quais são criadas as crenças de autoeficácia.

“Os indivíduos formam suas crenças de auto-eficácia interpretando informações de quatro (4) fontes principais” (PAJARES; OLAS, 2008 p. 104). A mais influente delas é a (1) *experiência de domínio*, que são as interpretações das consequências de ações anteriores. Ao agir, as interpretações dos resultados criam crenças sobre suas capacidades sobre a tarefa, conforme a interpretação é de sucesso ou fracasso, a autoeficácia tende a aumentar ou diminuir. Conseqüentemente, o modo como se processa as informações das *experiências de domínio* é extremamente importante para formação da crença.

No decorrer da realização de tarefas, as pessoas interpretam os resultados que obtêm e usam essas interpretações para desenvolverem crenças de autoeficácia sobre sua capacidade de enfrentar situações semelhantes que venham a ocorrer e agem de acordo com elas (OLIVEIRA, 2016, p. 52).

Além dos resultados de seus atos, as crenças podem ser formadas através das (2) *experiências vicárias*. Isto é, ao observar alguém executando uma ação, crenças podem ser criadas. Essa experiência vicária é mais eficiente quando o indivíduo considera algum atributo de semelhança entre o modelo e ele. Por exemplo, um estudante pode se sentir mais capaz de realizar uma tarefa quando vê um colega executando-a, do que quando o professor o faz. O atributo do gênero vem sendo investigado e demonstrando-se relevante no processo de formação das crenças

---

<sup>82</sup> Na verdade, a autoeficácia estende-se ao nível dos grupos sociais. A autoeficácia coletiva é crença compartilhada por membros de um grupo sobre suas aptidões dado(a) um(a) determinado objetivo/tarefa.

peças por meio da modelagem. Quanto menos o modelo é considerado semelhante, menos será capaz de contribuir para as crenças do observador.

Crenças também podem desenvolver crenças sobre as próprias capacidades através de (3) *persuasões sociais*. Para além dos elogios ou críticas, as pessoas podem cultivar positiva ou negativamente as crenças. Os (4) *estados somáticos e emocionais*<sup>83</sup> também influenciam na percepção de autoeficácia. Estados emocionais negativos podem diminuir a crenças sobre as capacidades. As experiências do indivíduo fornecem informações, regras para julgá-las, avaliá-las, baseando como ele irá interpretar e criar suas crenças pessoais. “Assim, a seleção, integração, interpretação e recordação de informações influenciam os julgamentos de autoeficácia” (PAJARES; OLAZ 2008, p. 105).

As crenças sobre as próprias capacidades influem sobre as *escolhas* de alguém. Na quantidade de *esforço* que alguém depreenderá em uma tarefa, o quanto ela *persistirá* na atividade apesar de eventuais desafios, e o quão *resiliente* será diante de experiências desfavoráveis. Também atuam nos sentimentos, por exemplo, no quanto de *estresse* que alguém sente em alguma atividade. Uma medida autoeficácia se torna pouco adequadas para prever o comportamento humano, isto é, de representar sua atuação como regulador ou indicador do desempenho de alguém, quando os critérios de julgamento estão mal definidos, ou as informações obtidas pela experiência ainda são suficientes para avaliar as capacidades de alguém.

Vale salientar que as crenças de autoeficácia nem sempre são acuradas às reais competências de um indivíduo. Alguém pode não persistir ou mesmo engajar-se em atividades nas quais se têm as habilidades requisitadas, mas não há a crenças sobre suas capacidades. Do mesmo modo, alguém pode engajar-se em tarefas devido a um forte senso de eficácia, mas não ser capaz de desempenhá-las. “O sucesso em determinada ação é proveniente de ambas, das habilidades e crenças que as pessoas têm” (OLIVEIRA, 2016, p. 54).

Desde sua proposição em 1977, pesquisadores vem - em grande volume – demonstrando a influência das crenças de autoeficácia sobre as realizações das pessoas nas mais diversas áreas.

[...] educação, negócios, esportes, medicina e saúde, estudos midiáticos, mudanças sociais e políticas, desenvolvimento moral, psicologia, psiquiatria,

---

<sup>83</sup> Ansiedade, estresse, excitação e outros estados de humor.

psicopatologia e relações internacionais. [...] A auto-eficácia é especialmente proeminente em estudos de constructos educacionais, como realizações acadêmicas, atribuições de sucesso e fracasso, estabelecimento de objetivos, comparações sociais, memória, resolução de problemas, carreira, ensino e formação de professores. De um modo geral, os pesquisadores estabeleceram que as crenças de auto-eficácia e as mudanças de comportamento e resultados estão altamente correlacionados e que a auto-eficácia é um excelente preditor do comportamento (PAJARES; OLAZ 2008, p. 111).

A Teoria Social Cognitiva enfatiza a importância dos sistemas de *self*. Nós não somos passivos, frutos do meio. Somos proativos e autorreguladores. Exercemos algum grau de controle sobre nossos pensamentos, sentimentos e ações. Assim, o desenvolvimento pessoal está diretamente relacionado às crenças que construímos sobre nossas próprias capacidades. Visto a relevância da autoeficácia na TSC como um todo, e as evidências que demonstram a correlação dessa crença sobre aspectos educacionais e acadêmicos, o constructo da autoeficácia mostra-se extremamente relevante para o debate no ensino de física.

#### 2.2.5 Autorregulação

Outro constructo central da Teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986) é o da autorregulação. Essa formulação tem sido utilizada em investigações de diversas áreas, com destaque a investigações sobre ensino e aprendizagem (AZZI; POLYDORO, 2006; SOUZA, 2007). É importante sobrelevar que a maneira como são estabelecidas autorregulação que distingue as diferentes abordagens discutidas durante este capítulo. Na perspectiva agêntica, assentada na formulação socio-cognitivista, os seres humanos são dotados de algumas capacidades, dentre elas, a de se autorregular.

Na teoria da aprendizagem social, o sistema do *self* não é um agente psíquico que controla o comportamento. Pelo contrário, se refere a estruturas cognitivas que proporcionam mecanismos de referência e um conjunto de subfunções para a percepção, avaliação e regulação do comportamento (BANDURA, 2008, p. 50).

Segundo Polydoro e Azzi (2008), os mecanismos de autorregulação já eram investigados por Bandura desde meados da década de 1950. E como discutimos acima, o funcionamento agêntico está baseado em quatro capacidades humanas principais: 1) Simbolização/Intencionalidade; 2) Pensamento antecipatório, 3)

Autorregulação e 4) Autorreflexão. Assim, fazemos planos, prognósticos e nos autorregulamos ativamente. Evitamos a autocensura, mas buscamos fazer coisas satisfatórias (que trazem satisfação). Nesse sentido utilizamos, de forma intencional, as informações e os mecanismos de autorregulação para alcançar o bem-estar. Contudo, não só agimos, mas refletimos sobre nosso funcionamento comportamental, mental e afetivo (BANDURA, 1999, 2001, 2005 apud POLYDORO; AZZI, 2008), e assim nos autorregulamos. Na perspectiva da agência, esse mecanismo é importante determinante pessoal para o funcionamento humano. Esse e outros fatores pessoais interagem reciprocamente com fatores situacionais e o comportamento em si.

A autorregulação é vista como um mecanismo interno consciente e voluntário de controle, que governa o comportamento, os pensamentos e os sentimentos pessoais tendo como referência metas e padrões pessoais de conduta a partir dos quais se estabelece consequência para o mesmo (POLYDORO; AZZI, , 2008, p. 151).

Nós nos orientamos e motivamos de acordo com nossas antecipações. Ao estabelecer objetivos operamos a partir de três subfunções psicológicas (para autorregular nossas ações, pensamentos e sentimentos): a auto-observação, processos de julgamento e autorreações (POLYDORO; AZZI, 2008). De um modo geral, a autorregulação ocorre através do monitoramento de suas condutas e as condições circunstanciais, então julga-se com base as circunstâncias percebidas e os padrões pessoais, regulando suas condutas por meio de reações dirigidas a si.

A auto-observação atua como fonte de informações sobre o desempenho e para avaliar as mudanças comportamentais. O sucesso da autorregulação dependerá da qualidade desse monitoramento (isto é, da precisão, *feedback* e temporalidade). De acordo com os objetivos, as características e significados pessoais, atenderemos à certas dimensões do comportamento.

As pessoas tiram de suas experiências (comportamentais e sociais) referências que elas selecionam, armazenam/resgatam e utilizam nas diversas situações. Essas referências são estabelecidas em parte, considerando, o valor que atribuímos as coisas. Os padrões pessoais são a base para o julgamento das ações e dos pensamentos, e um dos motivos para isso é que não há um parâmetro absoluto. Utilizamos a normas, modelos de comparação e a autocomparação. Através do monitoramento de como agimos e alteramos nossas ações, analisamos de acordo com os padrões internos ou externos, e de acordo com essas informações são

estabelecidas influências autodirigidas capazes de interferir nas ações subsequentes (POLYDORO; AZZI, 2008).

“Então, pessoas perseguem cursos de ações que produzem auto-reações positivas e retraem caminhos que resultam em autocensura” (POLYDORO; AZZI, 2008 p. 155). O mecanismo pelos quais regulamos e motivamos (mudança autodirigida) o curso de nossas ações é a autorreação. Assim, boa parte do funcionamento humano é regulado por autoavaliações.

Um ponto importante dentro desse contexto é a relação com o componente da autoeficácia. A capacidade autorregulatória é mais efetiva quando alguém acredita ter uma boa capacidade para autorregular-se. Assim, quanto maior a autoeficácia nesse sentido, maior será a *persistência* e o *esforço* empreendido na regulação de suas próprias funções. Por sua vez, ao realizar uma autorregulação a autoeficácia é afetada ao atualizar as informações nosso funcionamento através do processo de monitoramento. Em resumo, as crenças de autoeficácia também têm um papel central nos processos de autorregulação (POLYDORO; AZZI, 2008).

Muitas pesquisas foram realizadas acerca dos processos autorregulação nos mais diversos âmbitos. Polydoro e Azzi (2008) citam alguns trabalhos que analisaram questões educacionais. Como Schunk e Zimmerman (1998), que sintetizaram contribuições centrais para o desenvolvimento autorregulatório dos estudantes, sendo estas:

estratégias de ensino; oportunidade de modelação, de prática de autorreflexão e de estratégias de autorregulação; monitoramento das ações; obtenção de feedback e de suporte dos professores e pares, assim como retirada do suporte social. (POLYDORO; AZZI, p. 161, 2008).

Bandura explicita que a intenção e o desejo de mudar não são eficazes se a capacidade de influenciar o próprio comportamento não for exercitada. De maneira que o exercício da agência está diretamente associado com os processos autorregulatórios, ou melhor, a autorregulação conecta o pensamento com a ação (POLYDORO; AZZI, 2008).

Com base na compreensão dos fecundos constructos teóricos desenvolvidos e validados por Bandura (1977, 1986, 2001, 2008) e outros, exploraremos as possibilidades práticas de aplicação desses conhecimentos no contexto do Ensino Remoto Emergencial de Física.

### 2.3 Da Teoria à Prática Docente

Um desafio que se estabelece nesse tipo de pesquisa é traduzir os constructos teóricos em uma intervenção objetiva e coerente acerca de uma problemática, nesse caso, do cotidiano escolar. Como discute Ferreira *et al.* (2020), não é trivial criar um procedimento didático que tenha o nível de significação essencial, visto a natureza abstrata das teorias. Esse obstáculo é intensificado quando o contexto escolar é frágil, particularmente nas circunstâncias do Ensino Remoto Emergencial. Em outros termos, é necessário construir uma abordagem estruturada que permita explorar o problema e avaliar as repercussões dessa intervenção.

Nesse sentido, concordamos com Ferreira *et al.* (2020), que o desafio é transpor uma teoria, que se estabelece epistemologicamente na ordem da psicologia cognitivista, em uma estrutura de *sequência didática* em Física; que nos termos de Dolz, Noverraz, Schneuwly (2004, p. 97) pode ser definida como “[...] um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito”, ou como Ferreira e Silva Filho (2019, p. 40) propõem para o contexto do ensino de Física, que: “as fases coordenadas da aula envolvem a anunciação de problemas e objetivos e o contato articulado entre conhecimentos prévios e ensino dos novos assuntos, atravessadas por formas de controle e avaliação”. A estrutura de plano de aula proposta por Ferreira e Silva Filho (2019) para o ensino de Física provê uma baliza pragmática e flexível, isto é, uma estrutura introdutória para o que tradicionalmente poderia ser chamado de *sequência de aulas*. O parâmetro proposto pelos autores é passível de ser analisado e avaliado, trazendo à luz da interpretação dos resultados, reflexões sobre as potencialidades ou fragilidades de uma proposta instrucional de Ciências ou Física.

Na presente pesquisa, deseja-se avaliar as repercussões sobre o aprendizado conceitual de Mecânica Newtoniana e as crenças de autoeficácia promovidas por uma intervenção didática, inspirada e fundamentada nos constructos da TSC. Para então, refletir sobre as qualidades e limitações dessa proposta, trazendo à tona a análise a relevância das crenças de autoeficácia e demais influências, internas e externas ao estudante que moderam seu aprendizado de Ciências, de Física e suas crenças de autoeficácia para o curso de Física na Educação Básica. Nesse sentido, cabe considerar as especificidades e adequações ao caso da pesquisa, em específico,

sobre a avaliação da sequência de aulas<sup>84</sup>. Nos termos de Ferreira e Silva Filho (2019, p. 43),

A avaliação de uma aula é um dos elementos mais importantes. Não se trata de teste ou tampouco de verificação se os alunos aprenderam o que foi ensinado. A avaliação deriva de um processo de reflexão sobre o que se pretende do processo de ensinar e, por isso, requer um referencial teórico. Avaliar diz respeito a que tipo de práticas pretendemos endossar, em que tipo de sociedade e a partir de que meios. Avaliar também não diz respeito apenas a saber se o sujeito aprendeu ou não a Física que ensinamos; entretanto, se a forma como nos dispusemos a ensinar foi adequada ao contexto, à realidade e às particularidades.

Nas seções anteriores deste texto, buscou-se esclarecer a especificidade desta pesquisa. De modo amplo, a sequência proposta desejou cumprir duas funções: (i) mitigar os efeitos negativos (como a reprovação, a desistência o abandono escolar) no Ensino Remoto Emergencial (ERE); (ii) propiciar que os estudantes alcancem os objetivos educacionais previstos para o 1º ano do Ensino Médio, de acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), o que foi dificultado durante o período pandêmico, particularmente em relação ao aprendizado de Mecânica. Em outros termos, deseja-se aqui, investigar especificamente e de maneira exploratória, o impacto de duas estratégias adotadas para o ensino de Mecânica – contrastando um grupo Controle e um Grupo Experimental, que neste último caso, utilizou-se dois recursos: (i) animações nos vídeos explicativos de Física; associados a (ii) atividades virtuais que ao serem respondidas pelos estudantes, lhes retornavam feedback imediato em vídeo –, por meio do exame do *ganho conceitual* (HAKE, 1998) dos estudantes, e da modificação de suas crenças de autoeficácia ao serem submetidos às duas sequências didáticas supracitadas<sup>85</sup>. Em vista disso, esta pesquisa se constitui como uma *pesquisa translacional*<sup>86</sup>.

---

<sup>84</sup> No Capítulo 3 deste texto, Metodologia, discute-se a estrutura das sequências didáticas que serão aqui comparadas com base na sistematização proposta por Ferreira e Silva Filho (2019). Isto é, em estabelecer os objetivos, as perguntas motivadoras, os pré-requisitos, etc.

<sup>85</sup> Os termos *Grupo Experimental* e *Grupo Controle* foram adotados em conformidade com a noção de Silva, Sales e Castro (2019). Estes autores consideram que em sua investigação foi realizado um estudo *quase-experimental* para investigar o ganho <g> no teste FCI de estudantes do Ensino Médio. De modo semelhante, a presente pesquisa pode ser considerada experimental, pois também propôs a realização de uma análise comparativa entre dois grupos de estudantes (advindos de quatorze turmas do 1º ano do Ensino Médio) relativamente homogêneos; pois o agrupamento se deu, selecionando aleatoriamente sete turmas para cada dos grupos.

<sup>86</sup> Por uma outra perspectiva, esta pesquisa pode ser compreendida como *translacional* pois, assim como apontam Moreira (2018) e Colombo, Anjos e Antunes (2019, p. 62), ela busca “[...] articular diversas áreas do saber para produzir conhecimento aplicável e replicável no chão da escola”. A *translação* do conhecimento pressupõe que o desenvolvimento não fique restrito ao plano teórico, mas que, particularmente na área da Educação e do Ensino, haja uma tradução da teoria à prática. O que por sua vez, pode funcionar como um processo que se retroalimenta.



De acordo com o que é discutido no parágrafo anterior, o presente estudo sucita a necessidade de refletir sobre as possibilidades do ensino de Física na interface com as TDIC. Em outros termos, de empreender esforços para compreender a utilização tecnologias digitais em prol da função educativa, isto é, compreender epistemologicamente. Por esse motivo, utiliza-se a noção de *usabilidade técnica* e do *letramento digital* discutidos por Coelho, Costa e Motta (2019). Os autores ora citados, afirmam que o *processo de letramento* está relacionado às práticas sociais que envolvem a linguagem como um todo<sup>87</sup>. Discutindo noção de letramento Coelho, Costa e Motta (2019, p. 10-11) declaram:

É por isso que consideramos o *letramento digital* como mais um dos multiletramentos que o alunado e o professorado devem vivenciar no processo de ensino-aprendizagem. Esclarecemos que o professor não necessariamente deve conhecer todos os mecanismos e todas as funcionalidades de um aparato tecnológico para fazer uso pedagógico dele. Nem mesmo deve saber todas as teorias e todas as propostas sobre letramento para executar um plano de ensino que integre as TIC. O que estamos defendendo é que o professorado possa fazer uso consciente das TIC em sua didática e metodologia de ensino sem menosprezá-las ou supervalorizá-las.

[...] Por *letramento digital*, entendemos as práticas letradas associadas às TIC e ao ambiente digital. Esse tipo de letramento propõe ao professorado a utilização, com finalidade pedagógica, das ferramentas tecnológicas em suas possibilidades múltiplas e em diferentes plataformas digitais.

A abordagem proposta por Coelho, Costa e Motta (2019) utiliza o conceito de *usabilidade* para desdobrar o processo de *letramento digital*. A noção de *usabilidade* é incorporada da área de *design* de aplicativos, e reinterpretada pelo pelos teóricos supracitados pelo prisma da Pedagogia Social (Vieira, 2016). De acordo com Coelho, Costa e Motta (2019), o enfoque proposto para examinar de forma ampla a interface da Educação com as TICs por meio do conceito de *usabilidade*, que permite distinguir os aspectos técnicos do uso, isto é, da *usabilidade técnica*; e na dimensão das particularidades sociais, isto é, a *usabilidade pedagógica*, que compreende as práticas sociais dos indivíduos, para “[...] além dos aspectos determinados pela interação imediata entre homem e máquina” (COELHO; COSTA; MOTTA, 2019, p. 4). Nesse sentido, a problemática da intersecção das TICs com o ensino pode ser abordada pela noção de *usabilidade* (técnica e pedagógica), devendo perpassar, segundo essa perspectiva teórica, pela busca do *letramento digital* dos indivíduos. Isso é ilustrado pelos

---

<sup>87</sup> O que não é o mesmo que alfabetização, que nesse caso está associado à aquisição de significados dos códigos de linguagem (COELHO; COSTA; MOTTA, 2019).

os autores no seguinte trecho:

O professorado tem, assim, um ganho para a formação continuada dessa perspectiva teórico-metodológica de uso das TIC, pois pode apreender os aparatos tecnológicos pelo prisma de suas potencialidades pedagógicas e não necessariamente pelas suas funcionalidades técnicas. Por exemplo, somente transpor o que estava escrito na lousa para os *slides* de uma apresentação em *PowerPoint* é desprezar a usabilidade pedagógica em prol da usabilidade técnica, enquanto que usar a apresentação de *slides* em *PowerPoint* com recursos de áudio, vídeo e animação – que não estão presentes na lousa padrão –, pode se tornar uma usabilidade pedagógica se o ministrante da aula integrar esses recursos ao plano de ensino, articulando os objetivos pedagógicos de sua sequência didática a essas características do aparato digital (COELHO; COSTA; MOTTA, 2019, p. 15).

Dessa maneira, propõe-se nesta investigação uma sequência didática orientada e analisada com base na TSC (BANDURA, 1986), para a introdução, por meio do uso de TIC, da Mecânica Newtoniana no contexto do Ensino Remoto Emergencial no Ensino Médio. As sequências didáticas propostas e aplicadas neste estudo, se estabeleceram por meio de encontros presenciais (no formato híbrido) ou virtuais (síncronos) e a disponibilização dos seguintes materiais pedagógicos: textos em PDF, exercícios no formato de formulário *online* e vídeos explicativos e/ou de *feedback*. Nos quais, os textos e os vídeos explicativos, aplicados ao Grupo Experimental de alunos, fazem o papel dos *modelos verbais* e *pictóricos* (BANDURA, 1986; POLYDORO; AZZI, 2008) as atividades com ou sem *feedback* como fontes de crenças autoeficácia (BANDURA, 1977).

Assim, foram utilizadas as ferramentas do *Google for Education*, havendo a necessidade de apropriação por parte do docente dessas tecnologias, ou seja, no aspecto da *usabilidade técnica*. Por um outro lado, as sequências didáticas aqui propostas tinham os objetivos pedagógicos explicitados ao longo deste texto, como o horizonte no aspecto da *usabilidade pedagógica*, isto é, da função social dessa aplicação.<sup>88</sup>

Todo esse material e o encadeamento pedagógico, que será discutido em maiores detalhes nos próximos capítulos, constituem o Produto Educacional, e tiveram o objetivo central de apresentar o conceito clássico de Força, não

---

<sup>88</sup> Retomando, os objetivos pedagógico gerais foram tentar: (1) mitigar os efeitos negativos do Ensino Remoto Emergencial na disciplina de Física (como a reprovação, evasão e o abandono escolar); (2) apresentar a Mecânica Newtoniana dentro do contexto das Ciências da Natureza; e (3) refletir sobre estratégias para a promoção de maiores crenças de autoeficácia e aprendizado conceitual do conteúdo de Mecânica, particularmente, na interface com as TICs.

isoladamente, mas dentro do amplo e rico contexto (histórico, filosófico e conceitual) da Mecânica Clássica.

## 2.4 Força: A Síntese Newtoniana<sup>89</sup>

Algumas críticas são muito frequentemente encontradas nas obras do campo do Ensino de Física. Inúmeros trabalhos descrevem e avaliam um tipo de *ensino tradicional*, no qual os tópicos de Física são abordados por exposição oral do docente, seguida de listas de exercícios e avaliações somativas (MOREIRA, 2017; 2018). Esse formato convencional induz o estudante a uma passividade diante das aulas, incorrendo em problemas que, nas últimas décadas, tem motivado pesquisas na literatura especializada, por exemplo, como relatam Hake (1998) e Han *et al.* (2015). Nesse formato, o ensino de Física estimula a *aprendizagem mecânica*<sup>90</sup> de conteúdos desatualizados. Ou seja, a memorização de tópicos, de maneira acrítica, sem significado ou compreensão, e sem a capacidade de ser explicada ou transferida.

Ao investigar o uso dos livros didáticos pelos docentes de Física em escolas públicas da Educação Básica, Zambon e Terrazzan (2017, p. 18) declaram que, de acordo com evidências encontradas, os professores pesquisados parecem ficar presos a uma forma de ensinar Física

[...] constituída em parte pela tradição já adotada de como ensinar Física e em parte pela sua própria experiência docente (saber experiencial), o que acaba se consolidando como uma 'norma' para o desenvolvimento de suas aulas. Essa "forma", baseada na exposição do professor, seguida da resolução de um número grande de exercícios pelos alunos, é tão forte que mesmo a presença de livros, reafirmada de modo mais intenso a partir do PNLD, alguns com características interessantes e inovadoras, não tem alterado essa forma de desenvolver as aulas.

A problemática em torno do formato convencional do ensino de Física, apontada há décadas, é acentuada quando se põe em perspectiva a acelerada modificação social, sobretudo, com relação à digitalização de processos sociais. Em relação aos desafios na educação contemporânea, em particular para o ensino de Física, Moreira (2017, p. 13) conclui:

---

<sup>89</sup> Parte deste tópico consta no Produto Educacional.

<sup>90</sup> Em outros termos, não estimula não estimula uma aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 1999).

Mas é óbvio que somente conteúdos, mesmo com significatividade não é suficiente. É preciso também incorporar, ao ensino da Física, as tecnologias de informação e comunicação, assim como aspectos epistemológicos, históricos, sociais, culturais. Ensinar Física é um grande desafio, mas pode ser apaixonante se conseguirmos melhores condições de trabalho para os professores, livrar-nos do ensino para a testagem e, metaforicamente, abandonarmos o modelo da narrativa, o quadro-de-giz e o livro de texto.

À vista disso, entendemos que Moreira (2017; 2018), bem como, Campones *et al.* (2020) criticam o fato de haver um forma mais ou menos cristalizada de se ensinar Física, em tópicos isolados e abstratos, desconectados do cotidiano dos alunos, incentivando na prática a memorização para testagem, e esquivando-se de lidar com questões epistemológicas, históricas, culturais, dentre outras, o que implica em uma desconsideração à própria natureza do conhecimento científico (LIMA *et al.*, 2017; DA SILVA, 2018; HOERNIG;MASSONI; HADJIMICHEF, 2021). Por esse motivo e pelo contexto pandêmico, que impôs severas limitações pedagógicas, desejou-se abordar, na presente pesquisa, a Mecânica Newtoniana e o conceito de Força em um contexto amplo e transdisciplinar, percorrendo, em algum nível, aspectos históricos, sociais, epistemológicos ou conceituais e matemáticos. Assim, foi construída uma Sequência Didática e um Produto Educacional como uma proposta para a *Alfabetização Científica* por meio do ensino de Mecânica, mediante uma abordagem principalmente histórica e conceitual da Física; na medida em a Teoria Newtoniana foi colocada como resultado de um longo e sinuoso percurso do desenvolvimento intelectual, que permanece em desenvolvimento.

Segundo Goldstein (2002, p. 1),

O movimento dos corpos materiais foi o assunto de algumas das primeiras pesquisas realizadas pelos pioneiros da física. De seus esforços, desenvolveu-se um vasto campo conhecido como mecânica analítica ou dinâmica, ou simplesmente, mecânica. No século presente, o termo "mecânica clássica" passou a ser amplamente utilizado para denotar este ramo da física em contraste com as teorias físicas mais recentes, especialmente a mecânica quântica<sup>91</sup>.

Em relação aos cursos de Física, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, a Mecânica (Clássica) é um dos temas comumente abordados primeiro ano

---

<sup>91</sup> *The motion of material bodies formed the subject of some of the earliest research pursued by the pioneers of physics. From their efforts there has evolved a vast field known as analytical mechanics or dynamics, or simply, mechanics. In the present century the term "classical mechanics" has come into wide use to denote this branch of physics in contradistinction to the newer physical theories, especially quantum mechanics* (GOLDSTEIN, 2002, p. 1).

letivo ou semestre. Não raramente, constituindo pré-requisito para disciplinas ou temas mais avançados, como os assuntos da Física moderna ou contemporânea. Por esse motivo, é válida a reflexão sobre a relevância e as repercussões da síntese newtoniana no contexto da Mecânica e da Física.<sup>92</sup>

Do ponto de vista histórico, coube a Isaac Newton (1643 - 1727) o desenvolvimento da síntese teórica que superava as divergências entre as correntes da física matemática fundadas por Johannes Kepler (1571 - 1630) e Galileu Galilei (1564 - 1642), e da filosofia mecânica que tinha René Descartes (1569 - 1650) como principal representante. Com relação à física matemática, foi necessário superar o patamar da mera descrição de regularidades matemáticas espaço-temporais. E com relação à filosofia mecânica, foi necessário superar a ideia de que a *causação* física se restringia ao contato direto entre corpos, ideia problemática que se arrastava desde a antiguidade, especialmente, por constar na teoria aristotélica sobre o movimento (POLITO, 2016).

Em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, publicada em 1687, Newton propõe modificações conceituais importantes que serão basilares para o desenvolvimento da Mecânica como um todo – sobretudo no modelo clássico. Dentre essas modificações, destacam-se: (i) a precisa definição matemática de força; (ii) a transformação de seu estatuto ontológico (agora de agente causal); (iii) a relação da força com o conceito de massa (inercial) – isso anteriormente era confundido com o que seria o peso (POLITO, 2016). Entre as implicações da teoria newtoniana, uma das mais radicais foi estabelecer um conjunto de leis gerais como base para a explicação dos fenômenos celestes e terrestre. A Teoria da Gravitação Universal, em definitivo, unificou o que antes seriam os mundos Sublunar e Supralunar de Aristóteles (384 – 322 a.C.).

O desenvolvimento da mecânica nos anos seguintes ocorreu na esteira das ideias lançadas nos *Principia*. Como exemplo, podemos citar, as contribuições de Leonard Euler (1707 – 1783) no tratamento de movimentos de rotação, e por sua introdução da noção vetorial à mecânica - principal formulação no qual a teoria newtoniana é apresentada em cursos básicos e introdutórios de física, nos níveis da

---

<sup>92</sup> Ressalta-se que a BNCC do Ensino Médio elenca três competências específicas a serem atingidas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Em duas delas, a mecânica newtoniana é explicitamente listada dentro dos conhecimentos que podem ser mobilizados para o desenvolvimento destas duas competências (BRASIL, 2018). Esse fato, por si só, demonstra a pertinência em debater o ensino e a aprendizagem de Mecânica na Educação Básica.

Educação Básica e Superior no Brasil. As reduções operadas no século XVIII estabeleceram a nova categoria nomeada *dinamicismo*, que a partir de um formalismo abstrato, pavimentou o caminho para a superação da visão de mundo *mecanicista*, por meio do estabelecimento de conceitos fundamentais como o de energia. Dessa forma, a formulação newtoniana alicerça os princípios sobre os quais prosperam parte substancial da física clássica (como a termodinâmica e o eletromagnetismo) e, em certa medida, de outras áreas das ciências da natureza.

Destarte, a teoria newtoniana desempenhou um papel basilar no desenvolvimento da Mecânica e, direta ou indiretamente, no desenvolvimento das áreas modernas e contemporâneas da física, mesmo quando, por vezes, esteve entrelaçada aos paradigmas a serem superados. Mesmo assim, a despeito da importância histórica, conceitual e epistemológica dessa teoria, é recorrente na literatura as dificuldades encontradas na transposição desse conhecimento para estudantes do nível básico de ensino. Comumente, essa teoria é apresentada como um formalismo acabado, segmentado e sem historicidade (ROCHA, 2015).

Por uma outra perspectiva, pode-se observar algumas das contribuições das sínteses teóricas de Newton por meio da análise dos projetos mecânicos subsequentes, ou seja, das teorias do movimento modernas ou contemporâneas, particularmente da postulação da Relatividade Restrita e da Mecânica Quântica. De acordo com Santana (2019), a análise comparativa destas teorias – a axiomatização, conceitualização e definição de seus limites – mesmo que motivada inicialmente por questões acadêmicas nas últimas décadas, conduziu a avanços teóricos e práticos notáveis<sup>93</sup>. A relevância desse tipo de estudo persiste na medida em que comparações podem ser tecidas entre as teorias não relativísticas, como as mecânicas Clássica e Quântica e, especialmente, com o surgimento de novos domínios da física, com problemas ainda em aberto, como o da consolidação do Modelo Padrão de Partículas Elementares e da Relatividade Geral, com a detecção e mensuração do bóson de Higgs e do gráviton, respectivamente (SANTANA, 2019).

Santana (2019) desenvolve uma oportuna investigação acerca da construção e da estrutura das teorias do movimento, tratando com maior detalhe as noções de espaço e tempo. A seguir, serão expostas algumas das considerações de Santana

---

<sup>93</sup> Santana (2019) dá como exemplo a proposição das desigualdades de Bell, relacionadas aos conceitos de emaranhamento e teletransporte de estados de radiação, ideias fundamentais para a computação quântica.

(2019) em relação à Mecânica Clássica e as possibilidades pedagógicas e teóricas que podem ser estabelecidas por meio da análise comparativa dessa formulação com outras teorias do movimento.

Santana (2019) esclarece que dois aspectos são essenciais para tratar do tempo nas construções da Física: os *processos empíricos* e os *geométricos*; associados, respectivamente, à definição da noção de tempo e aspectos teóricos. O desenvolvimento pragmático e sistemático dessa concepção se arrastou por séculos, antes de encontrar sua síntese na mecânica de Newton. Avanços no aparato de medição do tempo ocorreram em diferentes civilizações, atingindo um patamar de precisão relevante durante a Baixa Idade Média<sup>94</sup>. Teoricamente, um outro grande avanço foi conceber o tempo via *relações* ou *processos*, mensurando e segmentando o tempo por meio da comparação entre fenômenos (SANTANA, 2019).

O aperfeiçoamento na medição do tempo foi central em alguns processos de transformações sociais e acadêmicas, a exemplo do advento da *revolução industrial* no século XVIII e as novas conformação de partes das sociedades modernas e contemporâneas. Santana (2019) comenta que para alguns, essa noção do tempo está na essência do processo da construção de uma hegemonia econômica, cultura e científica das sociedades ocidentais (MALBOUISSON; SANTANA, 2014), como foi o caso da criação do cronômetro marítimo que estabeleceu uma soberania britânica no *mercantilismo* e na *revolução industrial*, ao permitir a localização longitudinal, o que até então era um relevante obstáculo às navegações. A solução para esse problema no século XVIII ocorreu com a invenção do inglês John Harrison (1693 – 1776), que se baseou, para a construção do cronômetro, em uma noção geométrica para o tempo defendida em 1530 por Gemma Frisius (1508 – 1555).

A perspectiva geométrica do tempo, ou espaço-temporal, que se desenvolveu na Europa tem sua origem teórico-filosófica na Grécia Antiga, particularmente, com pensador Aristóteles, que estabeleceu a noção de que tempo é movimento. Mesmo com as críticas à concepção aristotélica, pode-se afirmar que esta é a proposta adotada pela ciência desde Newton que, por sua vez, introduziu uma matematização rigorosa sobre o tempo. Os gregos antigos desenvolveram uma geometrização do espaço, enquanto que Newton a fez pelo tempo. Essas importantes constatações

---

<sup>94</sup> No século XI, foi desenvolvido pelos chineses o relógio de água (*clepsidras*), contendo um erro de cerca de um minuto ao dia. Precisão semelhante atingida na Europa com relógio de pêndulo apenas no século XVII (SANTANA, 2019).

acentuam a necessidade de refletir sobre o surgimento e as consequências da física moderna que, particularmente com Einstein, evidenciou novas propriedades associadas ao tempo. Esse debate é relante na medida em que a atividade científica influem as sociedades, além de que, no âmbito acadêmico, permanecem nebulosas algumas questões, como é o caso do problema da *irreversibilidade* (PRIGOGINE; 1996; PEREIRA JUNIOR, 1997).

Como relata Santana (2019), importantes contribuições foram dadas com relação à sistematização, quase matemática, do tempo via processo de mensuração. Pensadores como Santo Agostinho (354 – 430), Boethius (480 – 525) e Anselmo (1033 – 1109) podem ser citados nesse sentido, estabelecendo uma tradição na qual a caracterização do tempo dar-se-ia pela medida, por meio da comparação de processos. Séculos mais tarde, foi esta a mensuração utilizada por Galileu Galilei e Newton, este último, em sua obra *Principia*, completando a axiomatização da mecânica (SANTANA, 2019).

É necessário atentar-se para o fato dos fenômenos físicos, particularmente, aqueles tratados pela Mecânica, serem descritos por meio de *Sistemas de Coordenadas Inerciais*, nos quais as leis mecânicas são invariantes, via transformações bem definidas. De acordo com Santana (2019, p. 4, grifo do autor), estes sistemas são conceitos primitivos, de modo que:

A partir de tais sistemas, especifica-se, para os eventos, o espaço, definido por réguas, e o tempo, definido por relógios. Os elementos ontológicos na caracterização desses conceitos estabelecem uma visão realista da física, através da qual os objetos do mundo estão dados, existem como são, *a priori*, e entre eles há *relações* (ou *processos*) e *movimento*, como noções também primitivas. [...] Utilizando a noção de direção e eixos reais, o conceito de espaço, enquanto elemento geométrico, fica definido. Ou seja, a partir de uma variedade  $\mathbb{R}^3$ , introduz-se o *locus* de cada sistema físico na relação estática com os demais. A estrutura intrínseca dessa variedade é a de espaço vetorial; e outros elementos geométricos podem ser incorporados a esta estrutura, mas isso irá depender do experimento.

Dessa forma, pode-se analisar a mudança na configuração dos corpos físicos, isto é, o movimento do sistema, por meio de um padrão estático (em  $\mathbb{R}^3$ ), conjuntamente a um padrão não estático, de andamento repetitivo, do qual manifesta-se uma quantidade *Real*, em  $\mathbb{R}^1$ , isto é, um número que representa a grandeza física reconhecida como o *tempo*<sup>95</sup>. Embora tenha existido um longo debate em relação à

---

<sup>95</sup> A repetição do padrão, ou seja, o relógio, é introduzido por pressuposição. Pode-se avaliar este



natureza do tempo, de sua existência objetiva e independente, a exemplo do próprio Newton – com a concepção de *tempo absoluto* ou *verdadeiro* –, para a a estruturação da mecânica nos *Principia*, o físico utiliza o conceito de *tempo relativo* ou *aparente*, e essa noção perdura até os dias atuais. Essa é uma abordagem realista no qual, para efeito dos cálculos, utiliza-se o tempo definido pela mensuração via *processos*, ou em outros termos, emprega-se a medida do relógio (SANTANA, 2019). Como aponta Polito (2016), a física do século XIX permaneceu ligada ontológica e epistemologicamente a ideais e princípios cartesianos, que mesmo com a concepção newtoniana de força, continuou a reduzir

[...] a estrutura fundamental da realidade física apenas às categorias de *matéria e movimento*. Desse modo, o aspecto reducionista e unificador que caracterizava a filosofia mecânica do século XVII foi incorporada à agenda dos cientistas do século XIX (POLITO, 2016, p. 87, grifo do autor).

Essa compreensão é fundamental pois a partir do processo descrito por Polito (2016) foram estabelecidos os fundamentos que pavimentaram o desenvolvimento da Física nos anos seguintes. Em outras palavras, pode-se afirmar que a Física Clássica, especialmente a Mecânica Clássica, desenvolveu-se de modo frutífero, alicerçada, em alguma medida, na visão e conceitualização de Descartes e a Newton. De modo que é possível identificar, dentre as distintas formas de explicações mecânicas clássicas que os sucederam, três categorias básicas: *newtoniana*, *cartesiana* e *dinamicista* – três perspectivas mecanicistas que avançaram significativamente na conceitualização desse campo (POLITO, 2016).

A categoria do mecanicismo *newtoniano* conectava fenômeno e realidade via modelos formados pela configuração de pontos materiais que, por sua vez, interagiriam por meio de forças. Os integrantes da categoria dos *cartesianos* buscavam relacionar os fenômenos com a realidade mediante modelos mecânicos, isto é, mecanismos semelhantes às máquinas, aparelhos ou dispositivos, no qual a ação ocorreria exclusivamente pelo contato. Os *dinamicistas*, por um outro lado, “reduziram” o mecanicismo newtoniano à física matemática, isto é, à um formalismo

---

sistema físico não estático com a construção de outro relógio no qual o *período* (unidade de repetição) é ainda menor (SANTANA, 2019). A definição internacional do tempo passou, a partir de 1967, a basear-se no relógio atômico, no qual um segundo equivale 9.192.631.770 oscilações da frequência de ressonância de césio, com o erro de um segundo em alguns milhões de anos. O que constitui a melhor medida física da atualidade. Disponível em <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/pesquisahoje/cap3/defaultframebaixo.htm>. Acesso em: 15 mar. 2022

abstrato. Formalismo este, que representou o auge da visão mecanicista no século XVIII, com a poderosa e elegante dinâmica analítica de Lagrange exibida em sua obra *Mecânica Analítica*<sup>96</sup> em 1788. Como resume Polito (2016, p. 88, grifo do autor), nesta visão mecanicista:

Um modelo mecânico não era mais do que um sistema matematicamente representado por um número finito de *graus de liberdade*, cuja dinâmica era descrita por *equações de movimento*, eventualmente derivadas a partir de *princípios de extremização*. [...] Essas formas de articular a visão mecanicista não eram, necessariamente, mutuamente excludentes, e foram todas responsáveis, em diferentes níveis, por avanços conceituais de amplo alcance. O mecanicismo newtoniano subscrevia naturalmente uma metafísica *atomística* para a natureza e guiou os avanços no sentido da compreensão da estrutura da matéria. Por outro lado, o mecanicismo cartesiano subscrevia uma metafísica *continuista* e não apenas apresentou-se como horizonte conceitual para a articulação das bases mecânicas envolvidas nos fenômenos ondulatórios como antecedeu os avanços no sentido da formulação do conceito de *campo*. O mecanicismo dinamicista, por sua vez, teve o insuperável mérito de acomodar e reduzir – matemática e ontologicamente – tanto o mecanicismo newtoniano quanto o cartesiano. De fato, quando o conceito de energia começou a suplantar o conceito de força, no contexto das explicações mecânicas, o dinamicismo se apresentou como a categoria de explicação mais capaz de fornecer o suporte para a superação definitiva da visão de mundo mecanicista.

Nesse sentido, percebe-se a centralidade das visões mecanicistas para o desenvolvimento da Física. A mecânica e a ótica se desenvolveram nos séculos XVII e XVIII seguindo, em grande parte, a linha de Newton. A perspectiva mecanicista estabeleceu encontra grande avanço influenciada pela construção dos conceitos de *energia* e *campo*; formulações com as quais atingiu seu ápice de desenvolvimento no século XIX, ao produzir, notavelmente: (i) a unificação da ótica, do magnetismo e da eletricidade – com o eletromagnetismo, estruturado especialmente pelas mãos de James Clerk Maxwell (1831 – 1879)<sup>97</sup>; (ii) e a unificação da mecânica com as teorias térmicas isto é, a *termodinâmica* – em termos macroscópicos – e, posteriormente, a *mecânica estatística* – em termos microscópicos (POLITO, 2016).

A superação da visão mecanicista tem seus primeiros desdobramentos no início do século XX, particularmente, mediante a construção das versões *restrita* (1905) e *geral* da relatividade de Albert Einstein (1879 – 1955). Na década de 1880,

---

<sup>96</sup> *Mécanique Analytique*.

<sup>97</sup> Maxwell adotou os métodos da *mecânica analítica* de Joseph-Louis Lagrange (1736 – 1813). Sua postura *dinamicista*, desprendida de um *modelo* mecânico, enfatizou que a natureza essencial *campo* elétrico seria sua capacidade de atuar como um “*repositório de energia mecânica*” (POLITO, 2016, p. 106).

Ludwig Lange (1863 – 1936) formalizou o conceito de *sistema de referência inercial* – que são os *sistemas nos quais as leis do movimento de Newton são válidas* – o que caminha no sentido de abandonar a ideia newtoniana de *espaço absoluto*, pois assim, a física pode ser descrita completamente via *espaços relativos*. Com a teoria da relatividade restrita (EINSTEIN, 1999), que inicialmente buscou resolver o *problema da eletrodinâmica dos corpos em movimento* (POLITO, 2016), foi o ponto de partida para uma transformação das categorias fundamentais de *espaço* e de *tempo*, até então herdadas da visão newtoniana, com a construção do ente teórico interdependente: o *espaço-tempo*. De acordo com Polito (2016), a teorização de Einstein foi, no século XX, a forma mais simples, elegante e definitiva de superar a visão mecanicista, ademais, evidenciou o papel fundamental da noção de *simetria*, princípio máximo que passou a guiar a investigação na Física até os dias atuais.

Dessa forma, justificam-se investigações sobre as possibilidades da promoção a compreensão das formulações mecanicistas, especialmente, da teorização newtoniana a estudantes do Ensino Médio. Proporcionar ou facilitar o aprendizado de mecânica pode possibilitar ou conduzir a uma melhor compreensão da *física clássica, moderna e contemporânea* por parte do estudante, quanto das outras da área de Ciências da Natureza (Química e Biologia) e domínios correlatos<sup>98</sup>. A seguir, discutiremos alguns pontos teóricos apontados por Santana (2019) acerca da formulação newtoniana, ao analisá-la como uma teoria do movimento, com o intuito de compreendê-la de uma forma mais profunda, pela perspectiva dos *princípios constitutivos* (SANTANA, 2019) dessa teoria, ao compará-la com outras formulações mais atuais.

Segundo Santana (2019), mesmo com o advento da teoria da relatividade, há um legado newtoniano ainda presente na investigação física contemporânea: a utilização da noção de *tempo* e de *espaço* definidos via *processos* (ou *relações*) entre objetos físicos. O substrato que permite o tratamento matemático para os fenômenos físicos é uma variedade em  $\mathbb{R}^4 = \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}^1$ , a partir da noção do tempo mapeado na reta real ( $\mathbb{R}^1$ ) e as distâncias e os comprimentos espaciais mapeados em  $\mathbb{R}^3$ . De tal modo que pontos nesta variedade ( $\mathbb{R}^4$ ) estabelecem os *sistemas de referências inerciais*, que possuem regras de transformação para os quais as leis da física permanecem invariantes. Estas regras – que em grande parte dos casos são

---

<sup>98</sup> A *energia*, por exemplo, constitui um constructo relevante para todas as áreas das Ciências da Natureza.

estruturadas matematicamente por um grupo de *Lie* – são nomeadas de *simetrias do espaço-tempo*. Especificamente, na física não-relativística a definição dos *sistemas de referências inerciais* é determinada pelo grupo de Galileu, enquanto na física relativística pelo grupo de Lorentz (SANTANA, 2019). A partir deste substrato matemático do *espaço* e do *tempo* pode-se caracterizar o movimento mediante a construção de grandezas físicas, mensuráveis experimentalmente, como é o caso da *velocidade*.

A partir de Newton, os sistemas mecânicos passaram a ser tratados de duas formas: por meio de pontos materiais ou por campos. O ponto material ou inercial foi definido nos *Principia* como um ponto geométrico que possui propriedades mecânicas que podem ser mensuradas experimentalmente, como inércia ou massa, carga, dentre outras. Um termo comumente utilizado é o de *partícula*, que tem como principal característica a *localidade* (SANTANA, 2019). Dessa forma, pode-se estabelecer o comportamento de uma ou mais partículas, ou seja, de um sistema de corpos (pontos) – o que pode ser feito tanto para um gás, como para um conjunto de corpos celestes, a exemplo do sistema solar. Se a localização, a conformação e orientação puderem ser caracterizadas por  $N$  variáveis  $q = (q_1, \dots, q_N)$ , onde  $q$  são as  $N$  *coordenadas generalizadas*, este é o seu número de graus de liberdade do sistema mecânico, o que dá origem ao conceito de *Estado mecânico*  $E(t)$ . Santana (2019, p. 6, grifo do autor) define do seguinte modo:

O Estado mecânico de um sistema físico em um instante de tempo  $t$ , denotado por  $E(t)$ , é definido por um conjunto de informações sobre o sistema que estabeleça sua configuração espacial e apresente informações sobre a natureza do movimento do sistema. Este conceito de estado mecânico fica completamente estabelecido a partir da experimentação; e esta deve prover uma classificação dos sistemas mecânicos (quer sejam campos ou pontos materiais), em classes específicas de estados mecânicos.

Para uma parte considerável dos problemas mecânicos o Estado  $E(t) = (q, \dot{q})$  pode ser definido por pelas coordenadas generalizadas  $q = (q_1, \dots, q_N)$  e suas derivadas no tempo  $\dot{q} = (\dot{q}_1, \dots, \dot{q}_N)$ , onde  $\dot{q}_i = dq_i/dt$ . Isto é, o Estado mecânico fica caracterizado pela *posição* ou *localização* espacial e pela *velocidade*. Os sistemas mecânicos que necessitam de derivadas mais altas, por exemplo,  $E(t) = (q, \dot{q}, \ddot{q})$  não serão discutidos aqui, pois fogem do escopo desta dissertação.

Para determinar a evolução temporal desse Estado  $E(t)$  é necessário um princípio que trate desse aspecto, assim, pode-se adotar o axioma da *causalidade na*

*evolução temporal do sistema mecânico*, que é colocado por Santana (2019, p. 6) da seguinte forma:

Considerando a evolução do estado mecânico de um sistema físico entre dois instantes de tempo,  $E(t_i)$  e  $E(t_f)$ , onde  $t_i$  é um instante inicial, e  $t_f$  é um instante final, assume-se que há uma relação de causalidade entre os dois estados mecânicos do sistema, de modo a garantir que repetidas as mesmas condições iniciais, o estado do sistema, e portanto o sistema físico, evoluirá do mesmo modo.

De acordo com isso, é necessário definir como deverá ser caracterizado os sistemas físicos em específico, diferenciando-os e possibilitando estabelecer equações diferenciais no tempo para os quais os sistemas irão evoluir a partir de um dado instante inicial  $t_i$ . Pode-se caracterizar sistemas físicos específicos *Lagrangiana*  $L = L(E) = L(q, \dot{q})$ , uma função escalar que é invariante por transformações no *espaço-tempo* de um *sistema de coordenadas inerciais* para outro. Das infinitas possibilidades de evolução do sistema, uma sequência de pontos única no *espaço de configurações* será descrita entre os pontos  $q(t_i)$  e  $q(t_f)$ , ou seja, uma trajetória específica. Para Santana (2019), colocado dessa forma, o problema aponta naturalmente para o desenvolvimento de um *princípio de extremo*. Assim, busca-se por um *funcional* no tempo que, entre  $t_i$  e  $t_f$ , a escolha mais simples é um *funcional linear* do tipo:

$$A = \int_{t_i}^{t_f} L(q, \dot{q}) dt . \quad (1)$$

Exigindo que as coordenadas  $q(t_i)$  e  $q(t_f)$  estejam fixas e, assim, que  $\delta q(t_i) = \delta q(t_f) = \delta A = 0$ . Esse funcional também deverá ser invariante por transformações no *espaço-tempo*. Isso conduz às equações *Euler-Lagrange*:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i} , \quad (2)$$

onde  $i = 1, \dots, N$ . Estas equações são diferenciais ordinárias de segunda ordem no tempo. Quando tratamos de dois *sistemas de referência inerciais Galileanos*,  $S$  e  $S'$ , estes sistemas estarão relacionados pelas transformações espaciais e temporais da seguinte forma:

$$x' = Rx + vt + a , \quad (4)$$

$$t' = t + b , \quad (5)$$

no qual  $q \equiv x$ , onde  $x' = (x', y', z')$  e  $t'$  descrevem em  $S'$  um vetor posição no espaço *euclidiano* e uma coordenada no tempo; no qual ( $R$ ) indica três parâmetros associados à rotações;  $v$ , à três parâmetros associados às velocidades entre  $S$  e  $S'$ ;  $a$ , à três parâmetros relacionados à translações em  $\mathbb{R}^3$ ; e ainda, um parâmetro  $b$  associado à diferença entre os relógios de  $S$  e  $S'$ . Vale destacar que o tempo nesses sistemas fluem igualmente, isto é, transcorrem da mesma forma; e que a *Lagrangiana*  $L$  é escalar diante destas transformações (SANTANA, 2019). Assim, as equações (4) e (5), que definem as transformações entre os *sistemas galileanos*  $S$  e  $S'$ , descreve o grupo de Galileu, citado anteriormente. Isso significa que as leis de newton são invariantes segundo essas transformações.

Uma classe relevante de funções de Lagrange é definida por  $L = T(\dot{q}) - V(q)$ , onde  $V(q)$  caracteriza a interação entre as partículas e delas com campos externos. Em casos com  $N$  graus de liberdade no qual essas interações se anulem, temos que:

$$T = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i \dot{q}_i^2 \quad \rightarrow \quad L = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i \dot{q}_i^2 - V(q) , \quad (6)$$

de modo, que a partir da equação (2) pode-se retomar a segunda lei de Newton:

$$m_i \frac{\partial^2 q_i}{\partial t^2} = - \frac{\partial V}{\partial q_i} , \quad (7)$$

no qual  $F_i = - \partial V / \partial q_i$  é a  $i$ -ésima componente da força que atua sobre a partícula caracterizada por  $q_i$ , o que corresponde à comprovação experimental (SANTANA, 2019). Assim, destaca-se que a estrutura da teoria de Newton – apesar das críticas, por exemplo, daquelas desenvolvidas acerca de suas *leis do movimento* – permanece válida e coerente com a experimentação e com formulações mais gerais e elegantes que surgiram após o *Principia*. A exemplo, do tratamento dos problemas mecânicos

via construção e desenvolvimento das equações (2) de *Euler-Lagrange*<sup>99</sup>. Dessa forma, apesar do suplantamento do conceito de *força* – com a mecânica analítica, e o surgimento de grandezas como a *energia* –, esse conceito ocupa um lugar de centralidade dentro da mecânica, e é um caminho para a construção e dedução de formulações mais simples e gerais. Por isso, pode-se afirmar que, pedagogicamente, este é um caminho para a compreensão da Mecânica e de diversas outras áreas da Física.

Dessa maneira, pode-se utilizar o constructo newtoniano como uma parte relevante para a compreensão da Mecânica, da Física e, possivelmente, de áreas correlatas. A seguir, elencaremos os elementos das teorias do movimento, de modo, a colocar a teoria newtoniana na perspectiva de sua estrutura conceitual, o que está diretamente relacionada ao contexto de desenvolvimento desta teoria. E que a mecânica newtoniana compõe o quadro da física, limitada à descrição macroscópica e de baixas velocidades.

Além de uma mecânica descrita por meio de *pontos materiais*, pode-se caracterizar sistemas físicos e sua dinâmica do conceito de *campo*, que confere atributos físicos – como massa, carga, momento – a pontos do espaço sem localidade, isto é, sem operar a redução a pontos materiais. No caso dos *campos*, também é possível estabelecer as equações do movimento por meio de um princípio de extremo. Na mecânica quântica, define-se a função  $\varphi = \varphi(x, t)$  da amplitude de probabilidade no espaço de Hilbert, no qual, às partículas não-relativísticas são associadas Lagrangianas, que são constantes pelas transformações de Galileu<sup>100</sup>. Para tratamentos relativísticos um procedimento semelhante pode ser realizado para a

---

<sup>99</sup> Alguns dos inconvenientes da formulação newtoniana surgem quando se deseja tratar de sistemas com vínculos físicos/geométricos (LEMOS, 2007). Para a caracterização do sistema mecânico, geralmente é requerido um número maior de coordenadas do que os graus de liberdade; quando os vínculos são *holônomos*, exige-se o uso de variáveis redundantes; além disso, as forças de vínculos são, em geral, desconhecidas *a priori*; ainda, existem alguns sistemas sujeitos à vínculos para os quais as leis de newton revelam-se incapazes de prover a descrição correta (LEMOS, 2007). O formalismo lagrangiano é capaz de contornar esses problemas quando todos os vínculos são *holônomos*. Em sistemas vinculados é possível, por meio do princípio diferencial de d'Alembert, deduzir as equações de *Euler-Lagrange*. Ou seja, ao assumir a decomposição da força  $f_i$  (onde,  $f_i = f_i^a + f_i^v$ ) sobre a  $i$ -ésima partícula em *força aplicada*  $f_i^a$  e *força de vínculo*  $f_i^v$ , e que o *trabalho virtual* das *forças de vínculo* é nulo, pode-se encontrar as equações do movimento em termos das *forças aplicadas*, o que constitui um desenvolvimento teórico e matemático que conecta as equações de *Euler-Lagrange* ao conceito newtoniano *força*. Um avanço importante nesse sentido foi o estabelecimento do *princípio de Hamilton* que reduz a dinâmica a um princípio apenas. Para o qual, de todos os movimentos possíveis, o movimento observável é aquele que minimiza uma quantidade nomeada *ação*  $A$ . Veja a Equação (1).

<sup>100</sup> De modo mais geral e completa, os sistemas quanto-mecânicos podem ser descritos a partir do espaço de Fock, o que também para o campo eletromagnético, o que dá origem à *eletrodinâmica quântica*.

determinação das equações do movimento, isto é, determinando as Lagrangianas (ou as densidades de Lagrangiana), pode-se caracterizar a dinâmica do sistema físico em questão<sup>101</sup> (SANTANA, 2019).

Colocando em perspectiva os domínios mais centrais da Física existe, em síntese, três possibilidades para tratar os sistemas físicos: por meio de *pontos inerciais*, *campos*, ou uma forma híbrida, com *pontos inerciais* e *campos* (SANTANA, 2019, p. 9).

Toda a física contemporânea, representada através do modelo padrão de partículas ou o cosmológico, assim como toda a mecânica quântica não-relativística, tratando da física da matéria condensada, modela os fenômenos do movimento através do conceito de campo. Mas a física não tenta, e não pode tentar, estabelecer que o mundo seja ontologicamente composto de campos. A modelagem da física atual usa o conceito de campo, respeitando a barra de erros dos experimentos: isso leva a 62 partículas fundamentais na natureza, além do gráviton. [...]. Em outro dito, a física não trata de afirmar ou negar se a natureza do mundo físico é de campos ou partículas. O elemento ontológico básico da física é o ponto de partida para estabelecer os processos de mensuração; ou seja, as relações entre os objetos físicos. Com essa premissa, primitiva conceitualmente, constrói-se teorias que terão a validade estabelecida pelas barras de erro dos experimentos. Ou seja, à física, por construção, não está dada a possibilidade de estabelecer teorias ou afirmações últimas sobre o movimento. Mas então se pode procurar os elementos básicos para a construção das teorias mecânicas, e assim compreender a diferença e limitações conceituais entre formulações distintas.

No contexto da presente dissertação, cabe reforçar os *elementos constitutivos* da *mecânica newtoniana*, visto que esse constructo foi o escolhido para ser abordado com o conjunto de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio que participaram desta investigação. De acordo com Santana (2019), um programa mecânico, de modo geral, possui cinco *elementos constitutivos*, que pode ser visto no Apêndice L, criado a partir de Santana (2019, p. 10-11). O quadro disposto no Apêndice L elenca os elementos constitutivos da mecânica clássica não-relativística, isto é, da mecânica newtoniana, o que influenciou e baseou a construção da sequências didáticas *controle* e *experimental* utilizada na presente pesquisa, bem como o Produto Educacional. Isso será detalhado no próximo capítulo deste texto.

---

<sup>101</sup> O que inclui sistemas quânto-relativísticos. Introdutoriamente, um formalismo possível é o de Klein-Gordon, que pode ser considerada uma generalização relativística da equação de Schrödinger. A mecânica quântica relativística é uma das construções mais relevantes da física contemporânea, visto que permanece em desenvolvimento. Uma apresentação muito didática da equação de Klein-Gordon é feita por Dias (2021).



### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo partiu de uma abordagem qualitativa que aporta tanto investigações sistemáticas quanto assistemáticas. Ressalta-se que as buscas realizadas sem rigor metodológico tiveram a intenção de qualificar o estudo, ao preencher eventuais lacunas detectadas durante os processos sistemáticos. Em outras palavras, foram acrescentadas outras publicações teóricas a partir da fortuna crítica, nacional e internacional, relevantes às temáticas da pesquisa. Um exemplo disso é o pertinente quadro apresentado por Cunha (2020), que permite visualizar que, de fato, o uso de TDIC foi a alternativa predominantemente adotada pelas redes públicas de Educação Básica do Brasil no contexto pandêmico. Demonstrando que o acesso às TICs é, objetivamente, um fator relevante para as *inclusões digital e social*, sejam por meio de rádio, ligações telefônicas, televisão, sejam por *smartphones*, computadores, dentre outros (BONILLA, 2011). Isso justifica a pertinência desta pesquisa.

Para estabelecermos uma compreensão de como se deram as decisões sobre a Educação Básica nos aspectos normativos ou governamentais – no país e no Distrito Federal – durante o período de pandemia, buscamos por diretrizes publicizadas nos *sites* oficiais do Ministério da Educação e da Secretaria de Estado da Educação do Distrito Federal, fitrando aquelas que dispunham acerca da Educação no contexto emergencial<sup>102</sup>. No mapeamento das normativas, a leitura do conteúdo das mesmas foi essencial para identificação de outras leis e documentos de variados órgãos que, juntos, definiram o enquadramento legal para as atividades pedagógicas a distância durante a emergência sanitária em 2020-2021 nos âmbitos nacional e distrital. Essa busca deu origem aos quadros que constam nos Apêndices A e B respectivamente.

Para a elaboração da *Sequência Didática* proposta, aplicada e avaliada nesta pesquisa, além de aspectos normativos, há também embasamento na literatura científica mediante busca sistemática. Mais especificamente, aplica-se uma abordagem sistemática exploratória com foco quantitativo, executada em três etapas como propõem Mariano e Rocha (2017). Com isso, um panorama dos trabalhos do

---

<sup>102</sup> Disponíveis em: <http://portal.mec.gov.br/> e <https://www.educacao.df.gov.br/>. Acessados em: 15 mar. 2022.

campo foi concebido e apresentado, trazendo à tona diversas temáticas, enfoques, inquições, hipóteses, propostas, lacunas, dentre outros elementos do campo de pesquisa em ensino de Física.

Da literatura encontrada, destacamos: (1) os desafios e os problemas enfrentados pelo ensino de Física na contemporaneidade, que podem ser exemplificados pelas limitações do nomeado *ensino tradicional*, e da necessidade de se buscar a concretização de uma *Alfabetização Científica* e (MOREIRA, 1999; 2017; 2018; 2021; SILVA; SALES; CASTRO, 2019; PUGLIESE, 2017; FRAIHA *et al.*, 2018), em particular, no ensino de Mecânica (SILVA, 2018; SANTANA, 2019; MARTINS *et al.*, 2021); (2) a importância de, no processo educativo, se considerar aspectos internos dos estudantes, como as crenças de autoeficácia, que atuam na mediação da motivação dos estudantes, afetando por exemplo, seu desempenho (SELAU *et al.*, 2019; FRAIHA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2017); e (3) as possibilidades do uso de TIC para o ensino de física (BARROSO *et al.*, 2017; ORTIZ *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2020; COELHO; COSTA; MOTTA, 2021), em particular, com a utilização de *smartphones* (KIELT *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2020; BARROSO *et al.*, 2020; PEREIRA JUNIOR, 2021; SASAKI; JESUS; 2019).

Assim, propomos uma *Sequência Didática* de introdução à Mecânica, que pode ser adaptada e empregada como uma alternativa acessível para a *alfabetização científica*. Isso ocorre por meio da busca pela compreensão de diversos aspectos, a saber: a natureza da ciência, especialmente das Ciências Naturais; o histórico e a epistemologia relacionados à temática, em especial o cotejo entre a física medieval e a moderna; e os conteúdos de Cinemática e da Mecânica Newtoniana como fundamento para o estabelecimento da ciência e do sistema de mundo moderno (ROCHA, 2014; CAMPOS; RICARDO, 2014; POLITO, 2016)<sup>103</sup>.

### 3.2 Síntese da Pesquisa Documental

A crise sanitária iniciada em 2020 motivou a interrupção das atividades pedagógicas presenciais, impactando as já problemáticas condições para equidade e igualdade sociais (DISTRITO FEDERAL, 2020a). Com base na literatura citada acima,

---

<sup>103</sup> Aqui, o termo *moderno* se refere à ciência pós Revolução Científica (POLITO, 2016), ou seja, à Física Clássica. Essa observação é importante pois, diferentemente, muitos autores utilizam a categoria *moderna* em referência a física iniciada no século XIX.

podemos observar uma série de complexidades que envolvem o ensino de Física, o que acreditamos ter sido agudizado durante o Ensino Remoto Emergencial.

Na tentativa de mitigação desses efeitos, o retorno das práticas pedagógicas na rede pública da capital brasileira – após a suspensão das aulas presenciais em março de 2020 – se deu com base em uma Portaria do dia 03 de junho de 2020<sup>104</sup>; no qual o governo do DF dispôs sobre os critérios para a atuação dos profissionais no Sistema de Ensino no período da pandemia. Esse documento legitimou os *Planos de Gestão Estratégica para a Realização das Atividades Pedagógicas Não Presenciais no Distrito Federal*, diretriz que descrevia os tipos de atividades educacionais que seriam validadas como efetiva carga horária letiva, além dos meios de atuação nos quais os docentes poderiam adotar de acordo com o perfil dos estudantes<sup>105</sup>.

Como discutido no capítulo de Introdução, a capital do país é a unidade federativa mais conectada à internet. Apesar disso, no contexto da pandemia, a maioria dos estados brasileiros adotaram em 2020-2021 o uso de TDIC como a principal estratégia para o ensino público, como é evidenciado por Cunha, Silva e Silva (2020) no Anexo A. No ano de 2021, com o arrefecimento dos casos de covid-19, as redes estaduais e distrital de educação foram gradualmente adotando formas de ensino híbrido. O DF retornou com as atividades pedagógicas presenciais, em formato semi-presencial no dia 02 de agosto de 2021 com base nas *Orientações para a Retomada das Atividades Presenciais/Híbridas nas Unidades Escolares da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal*<sup>106</sup>. Posteriormente, no dia 03 de novembro de 2021, o sistema educacional do distrito havia retomou completamente presencial, mas destinando uma hora aula diária na plataforma virtual até o final do ano letivo.

Nesse sentido, no âmbito da política pública, a busca pela manutenção e aprimoramento da estrutura digital e tecnológica dos sistemas públicos brasileiros,

---

<sup>104</sup> O Decreto N.º 40.509 suspendeu as atividades educacionais no DF, e a Portaria N.º 133/2020 – DODF N.º 105 fundamentou o retorno do ano letivo no formato remoto.

<sup>105</sup> Em outros termos, de acordo com os recursos tecnológicos e as condições de acessos dos estudantes a partir de diagnóstico realizado em cada unidade de ensino. Os professores regentes – em diferentes etapas e modalidade, incluindo o Ensino Médio – ficaram responsáveis pelo acompanhamento pedagógico e a produção e/ou adaptação de materiais pedagógicos para o formato remoto. No caso da capital brasileira, a estratégia de retorno se concretizou por meio de: atividades virtuais na plataforma *Escola em Casa DF* – que dava acesso ao *Google para Educação*; atividades impressas para os estudantes que não dispunham de computador, *smartphone* ou *tablet*; e o televisualização de aulas em canais abertos.

<sup>106</sup> O formato híbrido adotado consistiu em dividir cada turma em dois grupos. Cada grupo comparecia presencialmente na unidade de ensino durante uma semana, enquanto o outro permanecia com as atividades na plataforma, havendo revezamento semanal de cada grupo.

como uma forma de avançar no sentido de uma educação de qualidade, para além de uma ação circunstancial. Do mesmo modo, parece urgente a investigação de como e quais conteúdos ou materiais ofertar para estudantes da Educação Básica em associação às tecnologias digitais.

Considerando o contexto no qual esta pesquisa se desenvolveu, isto é, no ensino médio de uma escola pública do Distrito Federal, propomos, aplicamos e avaliamos os impactos de uma sequência de atividades pedagógicas virtuais sobre o aprendizado de mecânica newtoniana e as crenças de autoeficácia desses estudantes. Para além dos balizadores normativos e concretos, trouxemos balizadores teóricos. Com esse objetivo, buscamos referências bibliográficas que auxiliaram na construção de uma metodologia que pudesse, possivelmente, promover a mitigação de problemas como: a reprovação, a evasão e o abandono escolar por meio de um ensino motivador<sup>107</sup>. Ao mesmo tempo, esses referenciais propuseram uma base para uma *Sequência Didática* acessível e sintética, focada no conteúdo conceitual, histórico e epistemológico da Mecânica Clássica – que trate, em especial, do conceito de força. Nesse sentido, essa sequência deve manter um tratamento matemático minimamente sofisticado, mas suficientemente rigoso dado o contexto – eis a proposta teórica-metodológica que sustentou a sequência didática proposta nesta investigação.

### 3.3 Operadores da Pesquisa Bibliográfica

Na literatura de variadas áreas do conhecimento se têm empregado ao longo dos anos revisões sistemáticas para identificar obras e diversas características de um campo de pesquisa. Nesse sentido, Mariano e Rocha (2017) apresentam um método integrador de revisão sistemática. O modelo apresentado pelos supracitados autores, nomeado de Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado (TEMAC), é nesse sentido uma “[...] solução simples e bem fundamentada nos princípios e leis bibliométricas” (MARIANO; ROCHA, 2017, p. 427). O método de revisão é constituído por três etapas objetivas: (i) *preparação da pesquisa*; (ii) *apresentação e interrelação dos dados*; e (iii) *detalhamento, modelo integrador e validação por evidências*.

A tentativa de auxiliar pesquisadores na busca por trabalhos relevantes

---

<sup>107</sup> Que atue na produção de maiores crenças de autoeficácia por parte dos estudantes.

motivou muitos estudiosos a criarem índices bibliométricos com o propósito de mapear o saber científico, o que foi intensificado com o surgimento da internet. Recentemente, com a criação das bases de dados que se propunham condensar informações e tornar disponível para os pesquisadores, a necessidade e as possibilidades do uso de técnicas e métodos foram intensificadas. Conforme explicam Mariano e Rocha (2017, p. 429):

Com o advento da internet, muitas bases de dados que eram organizadas em torno de instituições, universidades e centros de pesquisa ganharam novo formato, sendo acessíveis em tempo real, numa escala mundial. Embora o número de bases de dados e conteúdos disponíveis tenham crescido exponencialmente, quando se trata de pesquisa científica Cobo, Herrera e Herrera (2012), afirmam que atualmente os bancos de dados bibliográficos mais importantes são *ISI Web of Science-WoS* (<http://www.webofknowledge.com>), *Scopus* (<http://www.scopus.com>), *Google Scholar* (<http://scholar.google.com>) e o MEDLINE da NLM (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).

Para os proponentes da TEMAC, uma revisão da literatura sem perpassar por essas três bases é desconsiderar achados importantes da ciência. Ainda assim, conforme a literatura aponta, essas bases também apresentam vantagens e desvantagens. Sendo valoroso considerar os avanços do conhecimento com relação as formas de revisão da literatura. Conforme comentamos no capítulo anterior, a TEMAC atua na consolidação de reformulação de abordagens de revisão da literatura (ARENAS; GARCIA; ESPASANDIN, 2001; CRUZ, CORREA, 2004; 2005; CRUZ, 2005; MARIANO, 2011a; 2011b) com fundamentação em leis bibliométricas. Mariano e Rocha (2017), observando as abordagens dos Enfoques meta-analíticos e motivados pela integração das possibilidades estabelecidas pela literatura, propõem com base nas recomendações de autores como Venkatesh (2003) e Abramo e D'Angelo (2011) um modelo unificado<sup>108</sup>.

Segundo os autores, na primeira etapa, *preparação da pesquisa*, é importante a definição correta dos termos de pesquisa pois esse fator pode alterar os resultados da análise (MARIANO; ROCHA, 2017). Para pesquisarmos sobre o tema *(a) ensino de física*, focado no conteúdo sobre força newtoniana, utilizamos as strings: “*ensino de física*” e “*ensino de física AND ("mecânica newtoniana" OR "física newtoniana"*

---

<sup>108</sup> Segundo Mariano e Rocha (2017), as observações de Venkatesh (2003) e Abramo e D'Angelo apontam características importantes – como precisão, robustez, validade, funcionalidade, tempo e custos – para a avaliação de documentos científicos. Ao cumprir os critérios estabelecidos por estes autores, a TEMAC foi aprimorada na validade e robustez das análises.

OR "força newtoniana" OR "mecânica clássica")<sup>109</sup>. Para a investigação do tema (b) o conceito de autoeficácia, utilizamos a string: "ensino de física" AND (autoeficácia OR auto-eficácia OR "self-efficacy" OR bandura). E para examinar o tema c) o uso de TDIC no ensino de Física, foi utilizada a string: "ensino de física" AND (tic OR tics OR tdic OR tdocs)<sup>110</sup>. Essas strings foram utilizadas para buscar obras publicadas nos últimos cinco anos em três diferentes bases: a criteriosa *Web of Science*, no qual encontramos trabalhos na restrita *SciELO Citations Index*; de forma mais ampla, na *Scielo org.*; e ainda, no *Google Scholar*, por meio do software *Publish or Perish 7*. Utilizamos essas três bases de forma a integrar e complementar as diferentes análises propostas para a segunda e terceira etapa da metodologia.

Como comentamos, a TEMAC amplia as abordagens precedentes, ao estender o método com a busca em diversas bases, além de amplificar o uso de índices bibliométricos com o objetivo de garantir a precisão do método, por meio de princípios respaldados por teorias bibliométricas. Isso consta pormenorizado no Quadro 14.

**Quadro 14** – Princípios bibliométricos dos filtros

| Tipo de filtro Bibliométrico                                      | Leis/princípio da Bibliometria                            | Definição/Autor   |
|---|---|---|
| a. Análise de revistas mais relevantes                            | Lei de Bradford, fator de Impacto e 80/20                 | A Lei de Bradford estima o grau de relevância de cada periódico, em dada área do conhecimento. O fator de impacto por sua vez estima o grau de relevância de artigos, cientistas e periódicos científicos, em determinada área do conhecimento. E finalmente a Lei de 80/20 composição, ampliação e redução de acervos de acordo com o uso de 20% da informação por 80% dos usuários. |
| b. Análise de revistas que mais publicaram sobre o tema           | Lei de Bradford   | A Lei de Bradford estima o grau de relevância de cada periódico, em dada área do conhecimento.  |
| c. Evolução do tema ano a ano                                     | Obsolescência da literatura e Teoria Epidêmica de Goffman | Estima o declínio da literatura de determinada área do conhecimento baseado nas citações e publicações. A Teoria Epidêmica de Goffman afere a razão de crescimento e declínio de determinada área do conhecimento.  |
| d. Autores que mais publicaram vs. autores que mais foram citados | Lei de Lokta e Lei do Elitismo                            | A Lei de Lokta estima o grau de relevância de autores, em dada área do conhecimento. E a Lei do elitismo, o tamanho da elite de determinada população de autores. Ambas as leis são baseadas em citações e publicações.   |
| e. Documentos mais citados  | Lei do Elitismo, Lei                                      | A Lei do elitismo estima o tamanho da elite de determinado conhecimento. As citações atribuem aos   |

<sup>109</sup> Mariano e Rocha (2017) recomendam o uso de aspas para as palavras compostas e o uso dos operadores AND, OR e NOT. E afirmam também que atualmente as buscas para revisão tendem a se limitar a um espaço de tempo de cinco a dez anos.

<sup>110</sup> Strings exibidas no Quadro 1 do capítulo anterior deste texto.

|   |                      |  |
|---|----------------------|--|
|   | do 80/20 e citações. | documentos importância à medida que são citados por outros autores e a Lei de 80/20 pode ser adaptada para encontrar os 20% dos documentos que equivalem a 80% das citações. |
| f. Países que mais publicaram             | Lei do 80/20         | Lei de 80/20 composição, ampliação e redução de acervos de acordo com o uso de 20% da informação por 80% dos usuários.   |
| g. Conferências que mais contribuíram     | Lei do 80/20         |  |
| h. Universidades que mais publicaram      | Lei do 80/20         |  |
| i. Agências que mais financiam a pesquisa | Lei do 80/20         |  |
| j. Áreas que mais publicam                | Lei do 80/20         |  |
| l. Frequência de palavras-chave           | Lei do 80/20         |  |

Fonte: Mariano e Rocha (2017) adaptado de Guedes e Borschiver (2005).

No Quadro 14, temos as informações que buscamos na segunda etapa da TEMAC em correspondência com as leis ou princípios bibliométricos, e suas respectivas definições, que fundamentaram as buscas nas bases de dados. Isso explica que cada uma das etapas propostas por Mariano e Rocha (2017) encontram respaldo em estudos precedentes e/ou críticas encontradas na literatura sobre revisão bibliográfica. Com isso, destaca-se a consistência robustez para os dados encontrados por essa sistemática de revisão.

A segunda etapa proposta na TEMAC de *apresentação e a interrelação dos dados*, define a busca pelas informações do Quadro 4 (cf. Capítulo 2), também listados na primeira coluna do Quadro 14. Então, esse Quadro 4 traz dados relevantes do campo de pesquisa em Ensino de Física que não poderiam ser obtidos apenas pela leitura das obras. Compreende-se, assim, que a TEMAC favorece uma revisão abrangente da literatura, auxiliando na localização de obras e autores indispensáveis para o domínio em questão.

Observando isso, na medida em que as análises foram sendo realizadas, ganhamos argumentos para inter-relacionar os dados e estabelecer filtros. A exibição e os comentários sobre os resultados encontrados objetivam agregar valor ao processo de revisão (MARIANO; ROCHA, 2017). Por isso, na terceira etapa dessa metodologia, *detalhamento, modelo integrador e validação por evidências*, é proposta uma análise mais profunda para a identificação e seleção dos autores que não podem faltar na revisão, as linhas de pesquisa e as principais linhas de abordagem, além da validação via evidências e entrega de um modelo integrador, pela comparação dos

resultados de diferentes bases de dados<sup>111</sup>. Com relação a terceira etapa, os Mariano e Rocha (2017, p. 438) afirmam:

Para alcançar esta etapa são necessários novos índices bibliométricos que detectam os colégios invisíveis (Co-citação, Coupling, Co-autoria), identificando as relações entre autores, referências e países na literatura, seja por colaboração ou citação. Finalmente, cumprir a Lei de Zipf, (co-ocorrência e frequência de palavras-chave), que estabelece as principais linhas de pesquisa por meio do aparecimento de palavras-chaves (Guedes & Borschiver, 2005).

Das três opções de visualização dos mapas produzidos pelas análises – de co-citação, acoplamento bibliográfico, coautoria e co-ocorrência<sup>112</sup> – possibilitadas pelo *software VOSviewer*, utilizamos a *visualização de Densidade*, tanto a *densidade de item*, quanto a *densidade de cluster*<sup>113</sup>. A partir da identificação e da leitura dos trabalhos relevantes, pode-se examinar semelhanças e diferenças entre essas contribuições, e após a validação por meio de evidências, esses resultados podem ser sintetizados em um modelo integrador (MARIANO *et al.*, 2011; 2012; 2017)<sup>114</sup>. De acordo com com Eck e Waltman (2020, p. 11-12),

Na visualização da densidade do item, os itens são representados por seu rótulo de forma semelhante à visualização da rede e da visualização de sobreposição. Cada ponto na visualização da densidade do item tem uma cor que indica a densidade dos itens naquele ponto. Por padrão, as cores variam de azul a verde e amarelo. Quanto maior o número de itens na vizinhança de um ponto e quanto maior o peso dos itens vizinhos, mais próxima a cor do ponto está do amarelo. Ao contrário, quanto menor o número de itens na vizinhança de um ponto e quanto menor o peso dos itens vizinhos, mais próxima a cor do ponto está do azul. [...] A visualização da densidade do cluster está disponível apenas se os itens foram atribuídos a *clusters*. A visualização da densidade do *cluster* é semelhante à visualização da densidade do item, exceto que a densidade dos itens é exibida separadamente para cada *cluster* de itens. Na visualização da densidade do

<sup>111</sup> Para Mariano e Rocha (2017) o *Google Scholar* possibilita, principalmente, a análise do *corpus* dos títulos e resumos.

<sup>112</sup> Usa-se hífen nesses termos, porque estão alinhados com a tradução dos termos em inglês *co-citation*, *co-occurrence*, *co-authorship*. Por isso, na ocorrência desses termos, não se adota a normativa do acordo ortográfico da língua portuguesa.

<sup>113</sup> No Manual do *VOSviewer*, esses termos são: *Density visualization*, *Item density* e *Cluster density*. Exemplos de visualização da densidade dos itens são as figuras do Apêndices F e G, e da visualização da densidade de *cluster* são as Figuras 2, 3, 4 e 5 do capítulo anterior.

<sup>114</sup> De acordo com Mariano e Rocha (2017), o modelo final pode ser validado por meio de evidências de quatro tipos: “I – Pelo menos uma publicação de revisão sistemática (forte); II – Pelo menos uma publicação de estudo de caso com resultados apresentados (forte); III – Estudos por mais de um centro ou grupo de pesquisa. Pelo menos uma publicação de estudo de caso com resultados apresentados (forte); IV – Opiniões de autoridades respeitadas, baseadas em projetos implementados com sucesso, estudos descritivos ou relatórios de comitês de especialistas” (MARIANO; ROCHA, 2017, p. 339-340). De acordo com os autores, com o modelo integrador, pode-se atingir um modelo conceitual para aplicação em estudo de campo.



*cluster*, a cor de um ponto na visualização é obtida pela mistura das cores de diferentes *clusters*. O peso atribuído à cor de um determinado *cluster* é determinado pelo número de itens pertencentes a esse *cluster* na vizinhança do ponto. Como na visualização da densidade do item, o peso de um item também é levado em consideração.

Dessa forma, ao longo do capítulo de revisão da literatura, foram gerados mapas de visualização de densidade a partir das análises de coautoria, acoplamento bibliográfico, co-citação e co-ocorrência. De acordo com Meirelles *et al.* (2017), a coautoria liga os autores que são coautores em um ou mais artigos, permitindo identificar colaborações. A co-citação conecta documentos, autores ou revistas, entre outros, pela aparição simultânea nas referências, demonstrando núcleos de abordagem *do passado*. O *acoplamento bibliográfico* também conecta documentos, autores ou revistas, entre outros, mas com base no número de referências em comum, o que evidencia as frentes de pesquisa, as tendências de pesquisa. E a co-ocorrência liga termos dos títulos e resumos ou palavras-chave. As exibição das palavras mais frequentes dos títulos e resumos permite induzir os conceitos subjacentes a estes termos que estão estreitamente relacionados. Como explica Mariano e Gomes (2017), diferentemente da nuvem de palavras, o mapa de co-ocorrência permite identificar a relação entre as palavras, agrupando em cores os termos que aparecem frequentemente juntos, tendo assim, atributos semelhantes.

Considerando a análise dos documentos oficiais e das obras encontradas na literatura acadêmica, foi utilizada a metodologia TEMAC para fundamentar a busca sistemática de referenciais teóricos. E a partir dessas referências, embasou-se, diretamente, o produto desta investigação e, indiretamente, a proposta de sequência didática para o contexto emergencial, no qual foram aplicados pré e pós-testes com a intenção de produzir dados para a avaliação do plano de aulas e os materiais (textos, vídeos e questionários) disponibilizados para os estudantes.

### **3.4 Proposta de Sequência Didática**

Concordamos com a noção de Ferreira *et al.* (2020) e Ferreira e Silva Filho (2019) de que uma Sequência Didática em Física é uma unidade, ou conforme afirmam Dolz *et al.* (2004), um conjunto de atividades escolares organizadas sistematicamente em torno de um gênero textual – oral ou escrito. E que o processo desenvolvimento de uma Sequência Didática se torna complexo na medida em que

se busca transpor o que é instruído em doutrina abstrata – que no caso da TSC se assenta epistemologicamente na categoria de sócio-cognitivista – para atingir em uma circunstância prática o nível essencial de significação (FERREIRA *et al.*, 2020). Considerando o contexto deste estudo apresentado até aqui, propomos, aplicamos avaliamos uma Sequência Didática em um conjunto de turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do DF.

As instituições nacionais e regionais de Educação, possibilitaram a redução do tempo letivo e dos conteúdos curriculares a serem trabalhados em 2020-2021. Na conjuntura desta pesquisa, uma recomendação recorrente da Secretaria de Educação e da unidade de ensino era a de reduzir a quantidade e extensão dos conteúdos curriculares, sendo preferível que as atividades pedagógicas se delimitassem aos tópicos curriculares mais centrais e significativos. Entendemos que o formato mais acessível para os alunos seria o de texto verbal impresso e digital<sup>115</sup>. Assim, foi elaborada uma apostila que almejava ser compreensível para os estudantes, de variados níveis de pré-requisito ou *subsunçores* (MOREIRA, 1979), com pouco ou nenhuma exposição do professor. O formato de atividade mais acessível, segundo os próprios estudantes, era o formulário *on-line* e, por isso, associamos a cada capítulo da apostila a uma atividade do *Google Forms*<sup>116</sup>. Nesse aspecto, espera-se que o Produto Educacional desenvolvido nesta pesquisa seja, também, um modelo, uma ideia ou menos flexível, que almeja ser eficiente em sua *usabilidade* sentido de cumprir sua função: prática (isto é, possibilitar ou facilitar a leitura de textos, atividades, vídeos e outros materiais de Física, por meio do uso de um *smartphone* simples) e pedagógica (nesse caso, atenuar a perda das habilidades e competências acadêmicas do estudantes e possibilitar o aprendizado de Mecânica, com foco na formulação de *força newtoniana*).

A expectativa com o conjunto de textos, imagens e exercícios era de que esse material pudesse narrar o desenvolvimento da Mecânica, com a finalidade de promover uma compreensão histórica, epistemológica e conceitual de Mecânica, tendo como conceito central: a força newtoniana. A formatação dessa apostila foi

---

<sup>115</sup> Quinzenalmente, os estudantes do DF sem acesso à internet recebiam materiais impressos elaborados por seus professores, com prazo para devolução. A apostila, juntamente com as perguntas e exercícios propostos, puderam ser facilmente adaptados para o formato impresso.

<sup>116</sup> Os formulários do *Google* são gratuitos, de fácil utilização, além de proporcionar uma gama de funcionalidades. Exploramos alguns de seus recursos, especialmente, por essas tecnologias estarem incluídas no *Google para Educação*.

pensada considerando que boa parte dos estudantes necessitariam esse material via celular. Por esse motivo, a sequência didática se baseou no uso de textos no formato PDF associados a atividades no formato de formulário *on-line*. Além disso, dois encontros síncronos de cinquenta minutos eram realizados com as sete turmas em cada etapa. Nos encontros, eram discutidos ou apresentados os tópicos dos textos<sup>117</sup>.

Além de considerar as críticas e as sugestões encontradas na literatura acerca do ensino de Física e de Mecânica, particularmente com o uso de TDIC, foram aprofundados temas transversais ao aporte teórico que permitissem avaliar o processo de ensino e aprendizagem de uma maneira mais ampla, motivando a curiosidade dos fenômenos e temas da área de Física. Além disso, foram aplicados mecanismos da aprendizagem observacional. Por esse motivo, foram apropriados alguns constructos da Teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986; 2001; 2008), com a intenção de propor uma sequência de atividades que, sistematicamente, buscasse intervir simultaneamente na compreensão de Mecânica e nas convicções de eficácia pessoal em aprender Física. Na perspectiva da TSC, o conjunto de textos, atividades, aulas síncronas e vídeos disponibilizados atuaram como modelos verbais e pictóricos e, ao mesmo tempo, como fontes de crenças de autoeficácia (BANDURA, 2001; 2008).

A sequência didática proposta, como mostram os Apêndices C e D, é composta por seis etapas, cada uma correspondendo a duas aulas (ou encontros síncronos) de aproximadamente cinquenta minutos. Todas as etapas contaram com uma atividade no formato de formulário, e todas exceto a última etapa, dispunham de um texto base – isto é, um capítulo da apostila. Nas duas últimas etapas, também foram utilizados dois vídeos de aproximadamente vinte minutos cada<sup>118</sup>. Almejando que esse conjunto de tarefas atue como modelo (BANDURA, 2008), no sentido de transmitir informações aos estudantes, por meio dos subprocessos descritos por Bandura (2001; 2008): atenção, retenção, reprodução (tradução ativa) e motivação (processos motivacionais). Com isso, espera-se promover fontes de informação e de motivação, por meio, por exemplo, da formação de crenças de eficácia pessoal positivas. Partimos, portanto, do pressuposto de que, em associação, esses elementos podem, possivelmente, modificar o comportamento dos estudantes.

---

<sup>117</sup> Os encontros síncronos, isto é, as aulas virtuais simultâneas ocorreram por outra funcionalidade da plataforma: o *Google Meet*.

<sup>118</sup> Os *links* desses vídeos constam nos Apêndices C e D.

Alguns materiais complementares foram disponibilizados ao longo do período letivo<sup>119</sup>, e um dos formatos mais solicitados pelos estudantes foi o de vídeo. Por isso questionou-se: como se poderia utilizar a TSC para promover o aprendizado de Mecânica, e o aumento das crenças de autoeficácia, por meio da utilização sistemática de vídeos? Para responder esse questionamento, nossa proposta, no sentido da aplicação da TSC, está sintetizado no Quadro 15.

**Quadro 15** – Aspectos teóricos utilizados e as respectivas estratégias de intervenção propostas

| Constructo da Teoria Social Cognitiva | Conceitos centrais   | Estratégia   |
|---------------------------------------|--|--|
| Modelação                             | Modelos reais, verbais e pictóricos;<br>Subprocessos: Atenção, Retenção e Reprodução                                 | Foram produzidos e aplicados dois vídeos explicativos que utilizaram modelos reais, verbais e pictóricos. Espera-se que no vídeo proposto: os modelos tenham clareza e riqueza de informações, e sejam interessantes para o estudante, promovendo, especialmente, sua Atenção e Retenção; sendo posteriormente utilizadas para a Reprodução nos exercícios, possivelmente influenciando sobre sua Motivação. |
| Modelação, Autoeficácia e Agência     | Subprocessos: Retenção e Motivação; Crenças de autoeficácia, experiências positivas; Autorreflexão e Autorregulação. | Nas duas últimas atividades <i>on-line</i> , foi criado um sistema no qual ao errar, um estudante seria redirecionado a um vídeo no qual receberia uma dica (explicação do professor), atuando como <i>feedback</i> , tendo assim uma nova chance de resposta. Espera-se com isso, promover mais acertos (experiências positivas), ao mesmo tempo em que atuaregulando suas ações, pensamentos e motivações. |

Fonte: Elaboração própria.

Como se pode observar no Quadro 15, temos relacionados as noções da teoria psicológica de Bandura (1977; 1986; 2001; 2008) com as estratégias adotadas na aplicação. As intervenções podem ser resumidas em duas: o conteúdo audiovisual dos dois vídeos explicativos, e o sistema de *feedback* colocado em duas atividades em formulário. Isso revela que buscou-se utilizar os constructos da Modelação, Autoeficácia e Agência no Grupo Experimental, ao passo que no grupo *controle* não se utilizaram *feedbacks*, e os vídeos explicativos contiveram um formato convencional, qual seja, um quadro no qual o professor escrevia durante a explicação. Então, pode-se dizer que deseja-se analisar os impactos dessa estratégia, de associar vídeos com conteúdo audiovisual mais elaborados com atividades com *feedback* automático. Um esquema dessa aplicação consta no Apêndice A.

Nesse sentido, partimos da ideia de que, no processo de modelagem, somos

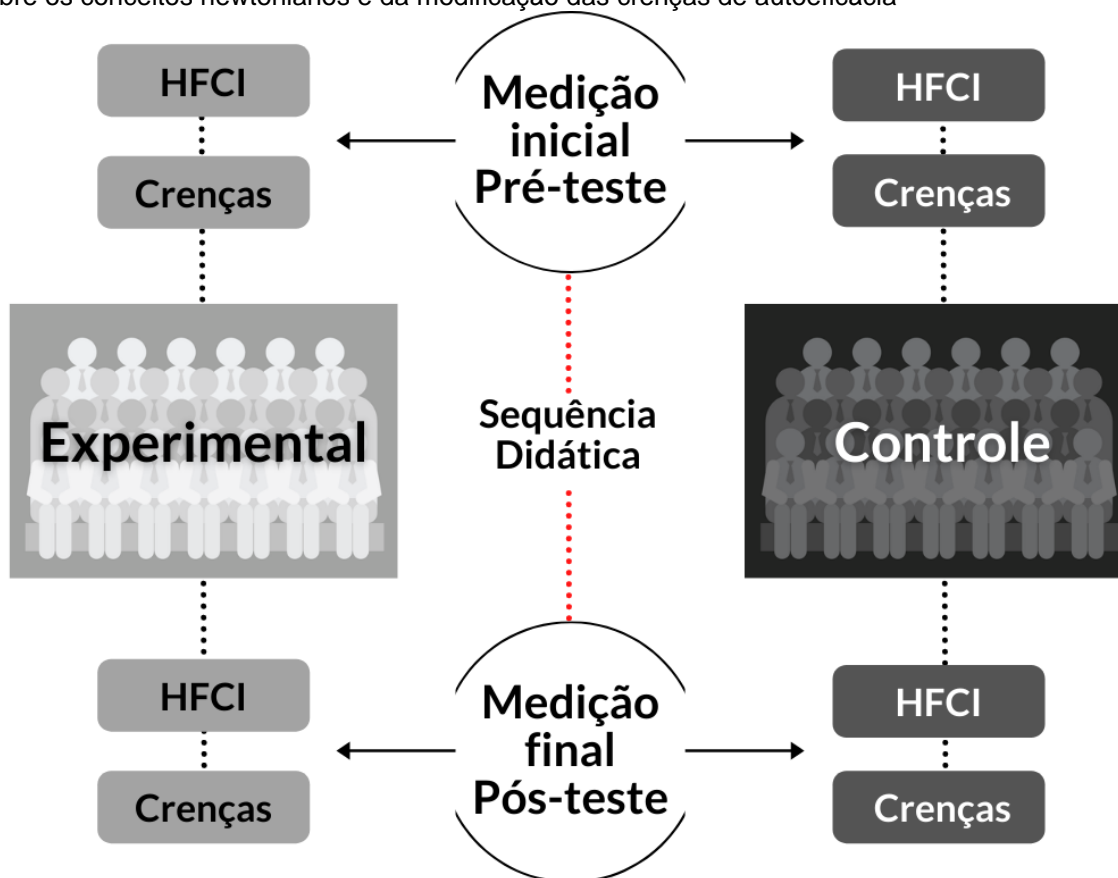
<sup>119</sup> Por exemplo: *links* de *sites* ou vídeos do *Youtube*, slides, videoaula, entre outros materiais.

capazes de abstrair informações dos modelos, além de ratificar nossos pensamentos. E também depreende-se que o poder de um modelo depende, não raramente, de seus atributos. Por isso destacamos que modelos pictóricos têm vantagens sobre os demais (físico e verbal), como esclarece Bandura (2008). Dessa forma, a Sequência Didática que propomos objetiva atuar nos quatro subprocessos da modelação: atenção, retenção, reprodução e motivação. Em especial, a proposta intenta promover as crenças de autoeficácia dos estudantes.

Espera-se que com a associação verbal e pictórica das aulas, textos e vídeos, seja possível a aquisição por parte do aluno de representações simbólicas acerca da Mecânica. As atividades atuam na reprodução e motivação. Na medida em que vão colocando em prática as informações e pensamentos adquiridos, passando por um processo de autenticação das concepções e atualização das motivações, os estudantes vão aprendendo a aprender. Com o *feedback*, esperamos ampliar as experiências positivas, de modo a atuar nas crenças de eficácia pessoal e, conseqüentemente, na motivação – formando, assim, um circuito virtuoso no processo de aprendizagem.

Desejamos avaliar se, de fato, a sequência didática foi capaz de impactar significativamente na compreensão de Mecânica, especialmente do conceito de força, e se foi capaz de impactar positivamente nas crenças de autoeficácia em aprender Física. Para isso, separamos as sete turmas em dois grupos de aplicação: o Grupo Experimental e o grupo controle. No Grupo Experimental, foi aplicada a Sequência Didática proposta e sintetizada no Apêndice C. No grupo de controle, outra sequência semelhante foi utilizada, mas com a única diferença de que os vídeos explicativos não tinham animações, permanecendo em um formato *tradicional* (sem figuras e animações), e as atividades sem o recurso de *feedback*.

**Figura 7** – Esquema dos procedimentos aplicados a análise da verificação do ganho de aprendizagem sobre os conceitos newtonianos e da modificação das crenças de autoeficácia



Fonte: Elaboração própria.

Pode-se depreender da Figura 7 que a fonte de informações sobre a aplicação foram os pré e pós testes de Mecânica e das crenças de autoeficácia aplicadas aos grupos *Experimental* e *Controle*. Em outras palavras, aplicamos um pré e pós teste para verificar a compreensão do conceito da força por meio do *Half-length Inventário do Conceito de Força* (HFCI), instrumento padronizado, criado originalmente com trinta itens por Hestenes *et al.* (1992; 1995) foi adaptado por Han *et al.* (2015), dividindo em dois questionário equivalentes com 14 questões cada. De acordo com Han *et al.* (2015), o FCI é o instrumento mais frequentemente utilizado na comunidade de Ensino de Física (*physics education*). Han *et al.* (2015) propõe um instrumento mais curto capaz de acessar os mesmos constructos que o FCI (HESTENES, 1995). A saber, os conceitos que os descritores do FCI e do HFCI tem como principal objetivo possibilitar a verificação da compreensão conceitual da Mecânica Newtoniana, em contraste com noções não-newtonianas do movimento ou do senso comum<sup>120</sup>.

<sup>120</sup> Os sete conceitos que os itens buscam acessar são: *free fall, newton's third law, force motion, circular motion, projectile motion, kinematics, force motion cluster* (HAN *et al.*, 2015, p. 2).

Por meio do *ganho percentual normalizado* <g> (HAKE, 1998), buscou-se indícios de possíveis ganhos conceituais após a aplicação das sequências didáticas. Avaliamos, ainda, se ocorreu variação nas crenças de autoeficácia dos alunos por meio de dois questionários, aplicados ao início e ao final da aplicação. Para isso, adaptamos um instrumento de medida de autoeficácia proposta por Rocha e Ricardo (2014; 2016; 2019), que propõem um conjunto de questões com a finalidade de mensurar as crenças pessoais para aprender Física.

### 3.5 Processamento das Correlações

Com descrito acima, foi realizada uma análise da verificação do *ganho* <g> de aprendizagem e da modificação das crenças de autoeficácia. Em outras palavras, foram utilizados instrumentos para a medição do conhecimento conceitual de Mecânica Newtoniana e para a criação de uma escala psicométrica para as crenças de autoeficácia em Física. Uma análise que acreditamos ser pertinente realizar, é a de investigar as possíveis correlações entre essas duas escalas. De modo adicional, também buscamos correlações estatísticas entre esses índices de ganho de aprendizagem e do nível de crenças de eficácia pessoal para o desempenho da disciplina de Física nos formatos virtuais e híbridos, com os fatores socioeconômicos do grupo de alunos que participaram dessa investigação. Nesse sentido nos perguntamos: *Quais as relações entre as crenças de autoeficácia em aprender Física, a aprendizagem de Mecânica Newtoniana e fatores socioeconômicos dos estudantes?*

As principais referências que utilizamos para essas análises estatísticas foram: Souza (2007), Souza e Brito (2008), Oliveira (2016) e Pintrich e Groot (1990). Nos capítulos seguintes, serão apresentados uma síntese dos dados coletados por meios dos questionários: de perfil socioeconômico; e dos pré e pós-testes. Para, dessa maneira, reportar o resultado das análises do *ganho* conceitual de Mecânica Newtoniana, das crenças de autoeficácia em aprender Física no formato virtual e híbrido. Além disso, serão relatadas os resultados das investigações exploratórias acerca das possíveis correlações entre as variáveis socioeconômicas dos estudantes pesquisados<sup>121</sup>. Em síntese, buscou-se examinar as possíveis repercussões das

---

<sup>121</sup> Para isso foram utilizados os testes *ANOVA Repeated Measures*, *ANOVA One-Way* e *t-student*, por meio do software gratuito Jamovi 2.2.5, o que permitiu identificar, dentre as variáveis, aquelas que apresentavam valor estatisticamente significativo (havendo sido adotado o valor de  $p < 0,05$ ), e assim, avaliar as possibilidades de descartar as hipóteses nulas sobre as correlações dessas variáveis.

sequências didáticas (Experimental e Controle) na compreensão newtoniana do movimento e nas crenças de autoeficácia dos estudantes. Ainda, coube investigar se existem variáveis socioeconômicas que diferem os estudantes com relação à crença de autoeficácia (inicial). Desse modo, busca-se trazer a tona uma reflexão sobre os processos de formação dessas convicções, o que acaba por influenciar o comportamento dos estudantes diante da disciplina de Física, em particular, no contexto do Ensino Remoto Emergencial.<sup>122</sup> Uma análise descritiva dos dados e os resultados das análises estatísticas dessas três classes de variáveis foram apresentados ao final (Capítulos 4 e 5), o que permitiu, no último capítulo desta dissertação, expor as considerações finais sobre as possibilidades e os limites do uso de TDIC para o ensino de Mecânica, nesta aplicação, com base nas evidências ou indícios encontrados na investigação.

---

<sup>122</sup> As variáveis socioeconômicas que foram utilizadas nessa análise foram: (1) o grupo (Experimental ou Controle), (2) o formato (Virtual ou Híbrido), (3) o sexo, (4) a cor/raça, (5) a quantidade de aparelhos (celular, tablet ou computador) que haviam na residência do estudante, (6) a nível da renda familiar; (7) se o estudante trabalhava; (8) a escolaridade da mãe, (9) a escolaridade do pai e (10) a forma de acesso do estudante à plataforma do Google Sala de Aula. Isso foi retomado no Quadro 20 desta dissertação.



## 4 APLICAÇÃO DE DUAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

No presente capítulo, apresenta-se o contexto específico da escola e de seus respectivos alunos para os quais a sequência didática proposta e depois discute-se como ocorreu a aplicação, trazendo seus resultados e limitações. Como discutido nas seções anteriores, essa aplicação tem como intenção geral investigar as crenças de autoeficácia e o ganho de aprendizagem conceitual dos alunos do Ensino Médio em práticas de ensino de Física que utilizam TDIC. E em particular, pretende-se, ainda, investigar se essas crenças se correlacionam com aspectos dos perfis socioeconômicos dos estudantes e os seus desempenhos em relação ao conteúdo de mecânica newtoniana. A sequência didática proposta, aplicada e avaliada teve elementos inspirados na TSC de Bandura (1986). De acordo com essa abordagem, deseja-se verificar as hipóteses relacionadas às estratégias adotadas para o ensino de mecânica via TDIC: de que o conteúdo audiovisual dos *vídeos explicativos* em combinação com atividades que oferecem *feedback* promovem diferentes crenças de autoeficácia em aprender física e, possivelmente, incentivam a aprendizagem dos conteúdos da supracitada disciplina – no caso deste estudo, a mecânica newtoniana e, particularmente, o conceito de Força.

### 4.1 Contextualização das Turmas Selecionadas

Nos capítulos anteriores, foi apresentado um breve panorama de como se deu a educação formal no Brasil e, singularmente, no Distrito Federal durante o biênio letivo 2020-2021, quando as atividades pedagógicas estiveram severamente afetadas pela crise sanitária, sobretudo em determinados contextos, como os de populações vulneráveis, social e economicamente. Nesse sentido, é importante descrever em mais detalhes a unidade de ensino e o grupo de estudantes que participaram desta pesquisa, fornecendo, voluntariamente, os dados que apresentaremos e analisaremos nas próximas seções.

O presente estudo foi realizado em uma escola da rede pública do Distrito Federal, localizada em uma região administrativa que fica cerca de trinta quilômetros do Plano Piloto de Brasília-DF. As informações sobre a unidade de ensino foram retiradas da Proposta Pedagógica (PP), documento equivalente ao Projeto Político Pedagógico (PPP), que norteia a instituição com relação à sua identidade e a suas

demandas, suas prioridades e seus planos para o ensino (DISTRITO FEDERAL, 2020d). Já o perfil socioeconômico, as crenças de autoeficácia em aprender Física e as repostas às perguntas de mecânica (HESTENES *et al.*, 1992; HAN *et al.*, 2015) foram obtidas por meio das respostas dos estudantes do primeiro ano do Ensino Médio aos formulários disponibilizados na plataforma *Google Sala de Aula*<sup>123</sup>. Os formulários ficaram disponíveis por quinze dias.

Segundo a PP da escola participante desta pesquisa, a instituição foi criada no ano de 1974, para atender a demanda de crianças e adolescentes que vieram com seus pais imigrando do Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, e que no Distrito Federal, eram famílias oriundas de cinco regiões irregulares (invasões). A região administrativa em questão é a mais populosa do Distrito Federal. Relatando o contexto educacional, a PP destaca que o controle urbano regional não tem obtido muito sucesso em vista da expansão da cidade e do número de moradores, onde as áreas mais periféricas enfrentam problemas graves de infraestrutura, como a existência de: ruas esburacadas, esgoto a céu aberto, lixo e entulho em locais impróprios.

Ainda na PP, é declarada que a missão do colégio é oportunizar o ingresso e a permanência de todo e qualquer cidadão nas diversas modalidades da Educação. Em 2019, o educandário foi selecionado para participar do controverso projeto piloto de Gestão Compartilhada, que estabeleceu uma parceria entre as secretarias de Educação e Segurança do DF (ALVES; TOSCHI; FERREIRA, 2018; GUIMARÃES, 2017; GARRIDO; FILIPO, 2018; GUIMARÃES; LAMOSA, 2018; MENDONÇA, 2019; SANTOS *et al.*, 2019; SILVA; DA SILVA, 2019) . A partir do ano letivo de 2019, a escola passou a ter duas direções: a pedagógica – sob responsabilidade de docentes da SEEDF; e a disciplinar – de responsabilidade de membros da Polícia Militar do DF. Por esse motivo, além de ter o *Regimento da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal* (DISTRITO FEDERAL, 2019), a escola juntamente com os outros colégios do projeto piloto, ora denominados de Colégios Cívico-Militares (CCM), passaram a ter legislação específica.<sup>124</sup>

A instituição pesquisada é um colégio público de grandes proporções. No ano de 2020, havia cerca de 180 funcionários, sendo 123 professores. A unidade oferta:

---

<sup>123</sup> Termo em português para o *Google Classroom*.

<sup>124</sup> A legislação das escolas de Gestão Compartilhada são: o Manual do Aluno, o Regimento Escolar, o Regulamento Disciplinar, o Regulamento Básico de Uniformes e o Plano Operacional, regulamentados pela Portaria Conjunta Nº 11, de 23 de outubro de 2019, publicada no DODF Nº 207 do mesmo ano.

Ensino Fundamental Anos Finais; Ensino Médio; os 1º, 2º e 3º segmentos do EJA, além da EJA Interventiva nos 1º e 2º segmentos; e ainda, Educação Especial por meio de Classes Especiais de *Deficiência Intelectual e Transtorno Global do Desenvolvimento*. O corpo docente possui curso superior, além de constar no quadro: especialistas, mestres e doutores.

Com relação à estrutura física da escola participante da pesquisa, evidenciam-se as seguintes características:

Conta com 33 salas de aula, 3 laboratórios (Química, Física e Biologia), 2 salas de artes plásticas, 2 laboratórios de informática, sala de educação física/sala de ginástica, biblioteca, sala de leitura, cantina, auditório, sala de bandas, sala de recursos, teatro de arena, espaço para horta, sala dos professores, sala de coordenação, secretaria escolar, banheiros, estacionamento descoberto, coreto/olaria, 3 quadras poliesportivas descobertas e uma quadra poliesportiva coberta, um ginásio coberto com banheiros feminino e masculino, além de uma pista de atletismo necessitando de recuperação (DISTRITO FEDERAL, 2020d, p. 17).

Como se pode perceber a partir do trecho acima, esse é um educandário público de grandes dimensões, abrigando cerca de 2500 estudantes no ano de 2020, sendo aproximadamente 1200 do Ensino Médio, distribuídos em 34 turmas. Apesar do espaço disponível, ainda faltam materiais básicos, como computadores funcionando no laboratório de informática, equipamentos como televisores ou projetores, e equipamentos para o laboratório de Física<sup>125</sup>. Ainda sim, essa escola tem uma infraestrutura superior à maioria das escolas públicas do Distrito Federal<sup>126</sup>. Esse inclusive foi um dos critérios adotados para o processo de militarização dessa instituição<sup>127</sup>.

Assim, podemos depreender que essa é uma escola pública de grandes proporções, localizada em uma região periférica do Distrito Federal, e que apesar de ter uma boa estrutura física, apresenta baixos índices de qualidade educacional, saúde e de renda e, ainda, se encontra em uma zona com altos índices de violência

---

<sup>125</sup> Mesmo com o espaço para o laboratório de Física, não existiam quaisquer equipamentos disponíveis. Em 2021, o laboratório de Física foi utilizado como uma sala de aula. De acordo com o Censo da Educação Básica do Distrito Federal, 61,3% das escolas públicas da rede estadual com Ensino Médio têm laboratório de ciências, e 32,3% têm o que foi chamado de *conjunto de materiais científicos* (DISTRITO FEDERAL, 2019).

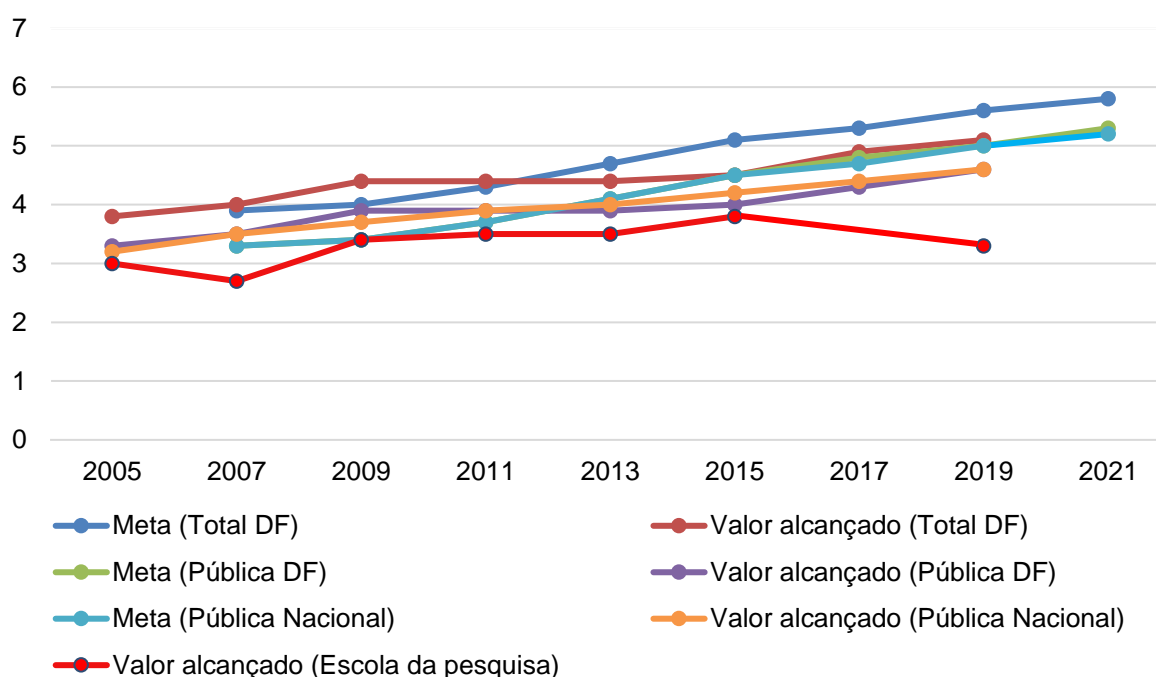
<sup>126</sup> Essa constatação pode ser feita por meio da observação dos dados do Ensino Médio do Censo da Educação Básica (DISTRITO FEDERAL, 2019).

<sup>127</sup> Até o ano de 2021, os doze Colégios Cívico-Militares do Distrito Federal foram selecionados levando em conta quatro fatores: o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o Mapa de Violência da Polícia Militar do Distrito Federal e a estrutura física das escolas.

urbana.

Abaixo, na Figura 8, pode ser observado alguns dados sobre o Ideb do Ensino Fundamental Anos Finais, no Brasil e no DF entre os anos 2005 e 2021<sup>128</sup>. Na Figura 8, pode-se observar e comparar as metas e as média dos valores do Ideb alcançados pelas escolas públicas no Brasil, no Distrito Federal, e o Total dos colégios do Distrito Federal – isto é, considerando as instituições públicas e privadas –, e os valores da escola selecionada.

**Figura 8** – Valores do Ideb alcançados no Brasil e no Distrito Federal e as metas estabelecidas para os Anos Finais do Ensino Fundamental



Fonte: Elaboração própria com base Inep/MEC.

O Ideb é um relevante índice da qualidade da Educação Básica, que varia de zero a dez. É calculado com base na aprovação, reprovação e abandono escolar, de acordo com o *Censo Escolar*, e o desempenho dos estudantes nas provas do *Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)*. Dessa forma, entendemos que o contexto educacional desta pesquisa é dificultoso quando comparado à situação das escolas públicas brasileiras e, particularmente, das escolas públicas e privadas do DF. Logo, é uma escola com baixo desempenho acadêmico em avaliações externas e altos níveis de reprovação ou abandono escolar, quando comparados às médias nacionais

<sup>128</sup> Foi escolhido discutir os dados do Ensino Fundamental Anos Finais pois, diferentemente do Ensino Médio, essa etapa forneceu dados completos sobre a escola em questão e, também, por evidenciar o nível de pré-requisitos dos estudantes que iniciam o Ensino Médio nessa escola.

e distritais nos Anos Finais do Ensino Fundamental – e isso impacta diretamente no grupo de alunos do Ensino Médio, alvo deste estudo.

Ainda de acordo com a Figura 8, pode-se notar que a meta para o total de escolas do DF mantém-se em um patamar elevado com relação ao Brasil, sendo ultrapassada apenas pelo valor alcançado pelo total de escolas do DF entre 2007 e 2011. Também é possível observar que a meta para as escolas públicas no nível nacional se sobrepõe à meta das escolas públicas no DF. Destacamos o fato dessa escola ficar abaixo de todos os valores alcançados e metas apresentadas na Figura 8, apenas em 2009 o valor alcançado no Ideb pela escola pesquisada atingiu a meta para as escolas públicas para o Ensino Fundamental Anos Finais. É importante destacar o fato de que, em 2017, o número de alunos que responderam as avaliações do Saeb foram inferiores a 80% e, por isso, a escola ficou sem nota nesse ano. Também é notável o fato de que em 2019 o valor do Ideb da instituição (3,3) foi consideravelmente inferior ao de 2015 (3,8), caindo a um patamar inferior ao de 2009 (3,4).

Desde 2018, a escola pública no qual esta investigação foi circunscrita adotou o sistema de *semestralidade*, no qual as disciplinas são divididos em dois blocos, e os estudantes cursam um dos blocos por semestre. Dessa forma, em vez de duas horas semanais destinadas à Física ao longo do ano, são quatro horas semanais para esta disciplina no período de um semestre. Com relação a esse sistema, a PP afirma que:

A semestralidade possibilita ao professor a adoção de vários procedimentos e instrumentos de avaliação que deem ao estudante maiores oportunidades de aprendizagens. Os critérios, procedimentos e instrumentos avaliativos devem valorizar as capacidades cognitivas, levar em conta a cultura local e socioeconômica da comunidade, para contribuir com a formação integral do estudante. Na semestralidade o tempo do professor com o aluno se amplia enquanto a quantidade de estudantes diminui, o que favorece a *avaliação formativa* que vem oportunizar o conhecimento e a compreensão do desempenho dos estudantes por parte do professor e da equipe pedagógica (DISTRITO FEDERAL, 2020d, p. 50, grifo nosso).

Pode-se depreender que a *semestralidade* foi uma dentre várias outras intervenções criadas na tentativa de sanar problemas como a reprovação e o abandono. Por exemplo, pretendia-se ampliar as oportunidades de formação dos estudantes inclusive por meio das avaliações, o que vai de encontro às ideias de *avaliação formativa*.

Nesse contexto, torna-se, ao mesmo tempo, complexo e necessário à

promoção das aprendizagens essenciais definidas pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC), ou seja, no caso do Ensino Médio: promover o desenvolvimento de *competências específicas*, atreladas à habilidades nas quatro áreas do conhecimento, sendo uma delas, a de *Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. As competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias definidas pela BNCC para o Ensino Médio são as seguintes:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. 3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

Assim, ensinar Física nesse contexto apresenta complexidades, a partir de, ploe menos, três aspectos, a saber: (i) o que é apresentado na literatura; (ii) as condições objetivas do ensino público no Brasil e no Distrito Federal, em especial na instituição que abrigou este estudo; e ainda (iii), a ocorrência de uma pandemia que afetou severamente os meios para a concretização do direito à educação, particularmente, na escola pesquisada nos anos de 2020-2021. Nesse sentido, coube refletir sobre as possibilidades e as urgências relacionadas ao ensino de Física e de Ciências da Natureza para o grupo de estudantes que participaram desta pesquisa. Nesse sentido, foi aplicado um questionário com o objetivo de avaliar o perfil socioeconômico e as crenças de autoeficácia em aprender Física dos estudantes do primeiro ano do Ensino Médio da escola referida.

Em uma amostragem ampla, em quatorze turmas do Ensino Médio, foram obtidas 293 respostas a um questionário – para mapear o perfil socioeconômico e as crenças de autoeficácia para o aplicado durante o biênio 2020-2021. Do total de 293 devolutivas, 286 concordaram em participar da pesquisa, por esse motivo foram descartados os dados dos sete alunos que não concordaram. Das turmas com maior participação foram obtidas 23 respostas (correspondendo aproximadamente a 8% dos

retornos), já da turma com menor participação foram obtidas 16 respostas (5,5%). Do grupo total, 159 respondentes se identificaram como do sexo feminino (aproximadamente 56%), e 125 respondentes, como do sexo masculino (aproximadamente 44%)<sup>129</sup>. Com relação à cor ou raça, cerca de: 46 % se consideram pardos; 30%, brancos; 18%, pretos; 3%, amarelos; e 2%, indígenas. Referente à idade, cerca de: 30% estavam com 15 anos; 43%, com 16 anos; 17%, com 17 anos; e 9%, com 18 anos<sup>130</sup>. Assim, percebe-se que 70% desses estudantes estavam pelo menos um ano atrasados com relação à idade ideal para a série (1º ano do EM/15 anos).

Com relação ao local da moradia, cerca de 98% moravam no DF; 2%, no Goiás, entorno da capital<sup>131</sup>. As regiões administrativas do Distrito Federal citadas são as seguintes: Ceilândia (79,5%); Sol Nascente (12,9%); Taguatinga (2,2%); Samambaia (1,8%); Recanto das Emas (1,1%); Águas Claras e Riacho Fundo II (0,7%); e Brazlândia, Riacho Fundo I e Vicente Pires (0,4%).

Além disso, cerca de 80% dos alunos afirmaram morar com os pais, e próximo de 5% afirmaram morar com parentes ou amigos. Em torno de 10% evidenciaram morar com apenas um dos pais, geralmente, com a mãe e outros parentes. Um estudante afirmou morar só, e três declararam morar com cônjuge ou namorado(a). Como pode ser visto no Apêndice H, dos itens perguntados, o que menos havia na casa dos estudantes foram, respectivamente: freezer (independente), telefone fixo, DVD, TV por assinatura, computador (micro, laptop ou notebook) e Automóvel (carro, motocicleta, etc). Ter um fogão em casa foi o item mais comum (246), seguindo por uma geladeira (235), uma máquina de lavar (228), conexão de internet (227), um automóvel (carro, motocicleta, etc.) (135), uma televisão (130) e um aparelho de som (130). O telefone celular foi o item de maior número em cada residência: 71 estudantes afirmaram ter mais de quatro celulares em sua casa, 42 disseram ter quatro, 66 declararam ter três, 47 afirmaram ter dois, 49 tinham um e três estudantes informaram não ter telefone móvel. Assim, pode-se notar como o celular é um item relativamente comum nos lares.<sup>132</sup>

---

<sup>129</sup> Dois estudante preferiram não responder essa pergunta.

<sup>130</sup> Mais precisamente, os estudantes marcaram o ano em que nasceram. Dessa forma, em 2021, os alunos completariam essas idades: 15, 16, 17 e 18 anos.

<sup>131</sup> Um estudante afirmou morar em Mossoró – Rio Grande do Norte, acreditamos que esse estudante tenha se mudado durante o período de pesquisa.

<sup>132</sup> Para saber o número de itens domésticos que os estudantes declaram haver em suas moradias, acesse o quadro que está no Apêndice H.

Com relação à renda mensal de suas famílias, 11,9% dos estudantes declaram não possuir renda mensal e 38,8% afirmaram ser de até 1,5 salário mínimo. Os demais indicaram que a renda mensal de sua família está entre 1,5 e 3 salários mínimos (29,1%); entre 3 e 5 salários mínimos (9,7%); estar entre 5 e 7 salários mínimos (3,2%); entre 10 e 15 salários mínimos (4%); entre 15 e 20 salários mínimos (0,7%). E apenas 0,7% afirmaram que a renda é superior a 20 salários mínimos (0,7%)<sup>133</sup>. Da mesma forma como os outros dados, deve-se compreender essas porcentagens com cautela, visto que, do universo de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, apenas uma parte respondeu ao questionário. Alunos sem acesso a celular e computador, por exemplo, não puderam participar dessa pesquisa. Ademais, pela margem de erro para a renda familiar de 1,9%, dada a amostra de 286 alunos.

Em respeito ao número de pessoas que vivem dessa renda, incluindo o próprio estudante, 6,1% declarou que uma pessoa vive dessa renda, o que nos parece indicar que houve um erro de interpretação da pergunta e, provavelmente, os estudantes que marcaram essa opção não se incluíram no número de dependentes. Com relação aos demais, 13,3% afirmaram que duas pessoas dependem dessa renda; 19,8%, que três vivem dessa renda; 27,2%, que quatro vivem com o valor relatado; 21,6%, que cinco dependem dessa renda; 3,2%, que seis pessoas vivem com essa renda; 3,6% afirmaram que sete dependem dessa renda; 2,5% das respostas indicam que oito vivem com esse valor; 1,4% e 1,1% declararam que vivem dessa renda 9 e mais de 9 pessoas, respectivamente.

Um relato muito comum nos momentos de encontros oficiais entre docentes, direção, supervisão, coordenação e orientação escolar foi a da necessidade de se considerar que muitos estudantes trabalhavam. Esse fato foi verificado, inclusive em questionário aplicado para todos os estudantes do Ensino Médio. Das 286 respostas recebidas no questionário aplicado nesta pesquisa aos estudantes do primeiro ano, 22,6% dos discentes afirmaram ter alguma atividade remunerada. Não raras vezes, a renda do estudante constituía parte substancial para sua família.

Com relação a formação acadêmica de seus pais o Quadro 16 sintetiza as

---

<sup>133</sup> Existe uma margem de erro já prevista para a interpretação dos dados coletados nesta pesquisa. Explicita-se que se adotou a o nível de segurança de 95%. Logo, a *margem de erro* ou o *erro amostral máximo* ( $E_{\max}$ ), que para esse nível de segurança pode ser calculado por  $E_{\max} = 1,96 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão amostral, e  $n$  o número de respostas (286). Por isso, deve-se ponderar que há uma margem de erro de 1,9% que relativizam dados discrepantes como esse (SOUZA, 2014).



respostas dos estudantes.

**Quadro 166** – Grau de escolaridade da mãe e do pai obtidos pela resposta de 286 estudantes em porcentagem (%)

| Pais | Não sei informar | Não sabe ler nem escrever | E. F. (i) | E. F. (c) | E. M. (i) | E. M. (c) | E. S. (i) | E. S. (c) | Pós-graduação |
|------|------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Mãe  | 9,3              | 1,1                       | 16,5      | 6,5       | 14,7      | 32,6      | 1,8       | 9,7       | 7,9           |
| Pai  | 26,5             | 4,3                       | 16,8      | 5         | 7,9       | 24,4      | 3,9       | 7,2       | 3,9           |

Fonte: Elaboração própria.

| Legenda |                    |
|---------|--------------------|
| E. F.   | Ensino Fundamental |
| E. M.   | Ensino Médio       |
| (i)     | Incompleto         |
| (c)     | Completo           |

A partir do Quadro 16, pode-se perceber que a maioria dos pais e mães do grupo em questão tem o Ensino Médio completo. Contudo, frisamos que uma porcentagem reduzida dos pais tem Ensino Superior ou Pós-graduação, havendo uma porcentagem relevante com Ensino Fundamental incompleto. Um número que também se destaca é o da formação paterna: 26,5% dos estudantes não sabem informar a escolaridade do pai. Isso significa que um a cada quatro aluno não sabe qual é o nível educacional do(a) próprio(a) pai/mãe.

Ao serem perguntados sobre possuírem alguma necessidade educacional especial, houve relatos de: Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), autismo, diplegia espástica, psoríase, herpes ocular, Transtorno Opositor Desafiador (TOD), Cromossomopatia (do tipo 47 e do tipo XXX), Retardo mental, problemas respiratórios e no joelho<sup>134</sup>.

Os discentes também confirmaram que as principais formas de acesso à plataforma Google Sala de Aula durante a pandemia foi pelo: *Celular com internet banda larga (wifi)* (62,4%), *Computador (micro, laptop ou notebook)* (25,4%) e *Celular com internet 3G/4G* (10,8%). Desse conjunto de educandos, 17,5% compartilhavam seus aparelhos com alguém.

É importante esclarecer que, das quatorze turmas do 1º ano do Ensino Médio que participaram da pesquisa, foram matriculados, não simultaneamente, cerca de 576 estudantes<sup>135</sup>. Esse montante seria, aproximadamente, o universo de discentes

<sup>134</sup> Salienta-se que a quantidade de alunos com necessidades educacionais especiais na unidade escolar é superior ao recorte apresentado nesta pesquisa realizada pelos formulários.

<sup>135</sup> Isso significa que muitas transferências ocorreram durante o ano, dessa forma, os alunos que efetivamente participaram da disciplina é menor do que 576.

matriculados no 1º ano da escola participante da pesquisa no período pré-pandêmico. No contexto da rede pública do Distrito Federal e, em certa medida, do panorama brasileiro e mundial no período do Ensino Remoto Emergencial, as aulas presenciais foram substituídas por encontros síncronos e assíncronos em ambientes virtuais de aprendizagem (COSTA; SOUZA, 2020; MOREIRA; HENRIQUES; BARROS, 2020). No caso da rede pública do Distrito Federal, e em particular, na unidade de ensino participante desta pesquisa, foi adotada a plataforma *Google Sala de Aula*. Nesse ambiente virtual, quinhentos alunos provenientes das quatorze turmas examinadas estavam classificados como *ativos* e cinquenta como *convidados*<sup>136</sup>. Desse total de alunos, apenas 286 participaram, parcialmente, desta pesquisa. Isso significa que 286 alunos do 1º ano do Ensino Médio responderam aos questionários para a medição de suas crenças de autoeficácia inicial e algumas de suas características socioeconômicas. Esse conjunto de respostas foi utilizado para examinar as possíveis correlações entre as variáveis socioeconômicas e as crenças de eficácia com relação à disciplina de Física.

Desse universo de 286 respondentes, uma amostra de 170 estudantes responderam também ao questionário para mensuração das crenças de autoeficácia final e aos pré e pós-testes de mecânica. Apenas este último grupo foi considerado para as análises sobre os impactos da aplicação da sequência didática na modificação das crenças de autoeficácia e no desempenho nos pré e pós-testes de Mecânica Newtoniana (HAKE, 1998; HAN *et al.*, 2015; 2016). Muitos estudantes tiveram uma participação inconstante na disciplina, respondendo apenas parte das atividades disponibilizadas, o que inclui os questionários de aplicação. Para uma análise mais precisa dos impactos das duas diferentes estratégias, Experimental e Controle, nos formatos híbrido e virtual, foram excluídas as participações que não responderam a algum desses instrumentos de medida antes e após a aplicação das sequências didáticas propostas.

---

<sup>136</sup> Aqui, alunos ativos são aqueles que aceitaram o convite para ser vinculado às turmas virtuais. Os alunos classificados como convidados eram aqueles que não tinham aceitado o convite, ficando assim, fora da plataforma durante os anos 2020 e 2021. Esses valores são aproximados, mas permitem verificar que nessa amostra de estudantes, alguns alunos não chegaram a ser convidados para as turmas virtuais, possivelmente por não dispor de um celular *smartphone* ou computador para o acesso, e cerca de 10% dos alunos convidados não chegaram a aceitar o convite para participar do ambiente virtual de aprendizagem.

## 4.2 Mensuração das Crenças de Autoeficácia

Para mensurar as crenças de eficácia pessoal dos estudantes com relação ao aprendizado de Física ou ao seu desempenho na disciplina nesta disciplina, adaptou-se o instrumento de medida proposto por Rocha e Ricardo (2019). O questionário composto por 21 questões em escala *Likert*, foi validado por especialistas, e sua consistência interna foi evidenciada pelo índice *Alpha de Cronbach*, como também recomenda Bandura (2006) na criação desse tipo de instrumento. Por meio de uma análise de correlação, Rocha e Ricardo (2019) verificaram correlações positivas entre as crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física com o tempo dedicado ao estudo e com o desempenho escolar – por isso, o estudo desses autores serviram de base teórica para a análise dos dados desta pesquisa.

A versão adaptada do questionário de Rocha e Ricardo (2019) que propomos para este estudo considera o ambiente virtual e híbrido de aprendizagem e, portanto, algumas questões foram adaptadas. Esse questionário está exibido no Apêndice K. Para cada uma das afirmações, os educandos poderiam responder em uma escala *Likert*, variando em: (5) *Concordo Plenamente*, (4) *Concordo*, (3) *Indiferente*, (2) *Discordo* e (1) *Discordo Plenamente*; para respostas que expressassem conteúdo positivo para as crenças de autoeficácia. Contrariamente, quando as questões expressavam conteúdo negativo para as crenças, foram utilizados os valores invertidos, isto é, de (1) *Concordo Plenamente* até (5) *Discordo Plenamente*. De acordo com isso, o menor valor para as crenças de eficácia pessoal é 21, e o maior possível é 105.

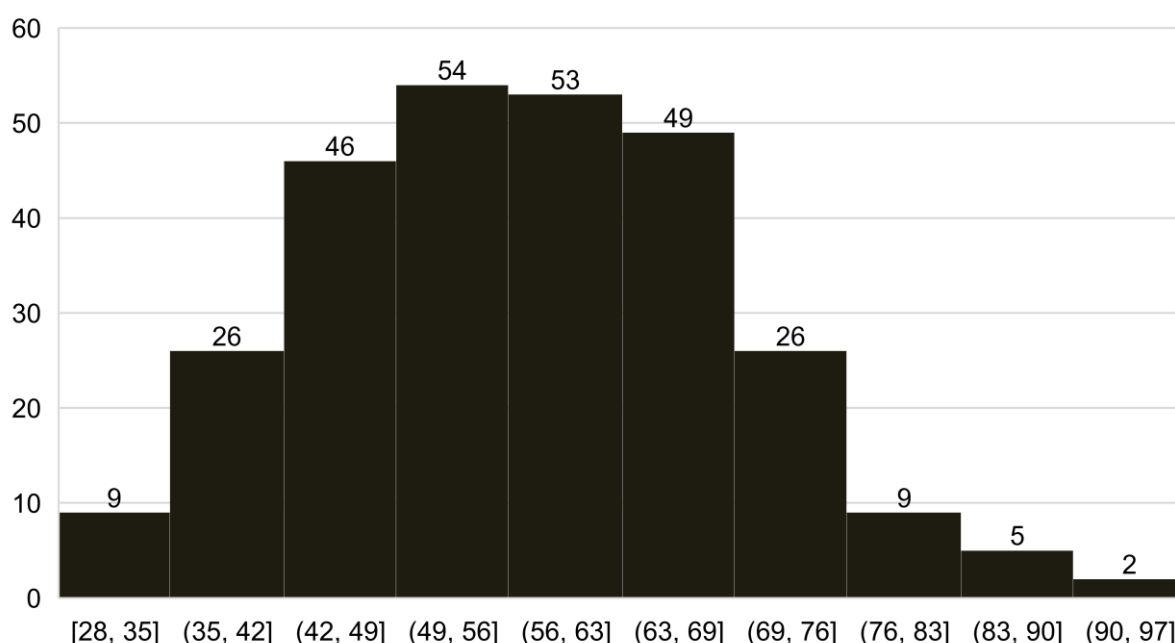
Rocha e Ricardo (2019) aplicaram esse questionário a 177 estudantes para analisar a fidedignidade do instrumento por meio do cálculo do índice *Alpha de Cronbach* e das correlações item-item e item-total<sup>137</sup>. Corroboramos o achado dos estudiosos com relação à confiança nesse questionário, pelo fato dos valores para o índice alfa encontrados ( $\alpha = 0,874$  e  $\alpha = 0,812$ ) nas medições realizadas com os 286 e 244 estudantes, demonstrou a consistência interna do questionário que adaptamos de Rocha e Ricardo (2019), sendo utilizado para medir as crenças de autoeficácia discente com relação ao seu desempenho na disciplina de Física, nesse caso, mediado total ou parcialmente por TDIC.

---

<sup>137</sup> O valor do *Alpha de Cronbach* encontrado por Rocha e Ricardo (2019) foi:  $\alpha = 0,881$ .

A Figura 9, abaixo, apresenta um histograma em que as 286 medidas de crenças de autoeficácia são exibidas em agrupamentos de dez<sup>138</sup>. O eixo vertical indica o número de respostas com relação ao intervalo das notas desse universo de respostas, na horizontal. A menor medida obtida para as crenças foi 29 e a maior foi 97. Já a média das 286 respostas foi  $56,5 \pm 12,8$  DP<sup>139</sup>. Isso significa que as crenças de autoeficácia para o desempenho em Física desses 286 estudantes são baixas, se levarmos em conta que o meio da escala é o valor 63.

**Figura 9** – Medidas de autoeficácia de 286 estudantes do 1º ano do Ensino Médio para o desempenho em Física: a escala varia entre os valores 21 e 105



Fonte: Elaboração própria.

Pode-se visualizar na Figura 9, a distribuição das medidas das crenças autoeficácia desse universo de 286 respondentes. Assim, é possível observar que apesar de alguns estudantes terem convicções altas quanto à capacidade de ser bem-sucedido na disciplina, um volume grande de estudantes apresentam baixas crenças de autoeficácia. A seguir, será detalhado quais foram as estratégias de intervenção adotadas e os resultados obtidos da aplicação de duas sequências didáticas aos dois grupos de estudantes, isto é, o *Grupo Controle (C)* e o *Grupo Experimental (E)* do

<sup>138</sup> As 286 respostas aos questionários foram provenientes de quatorze turmas de alunos do primeiro ano do Ensino Médio durante o ano de 2021. Sete delas participaram no formato presencial, e as outras sete, híbrido.

<sup>139</sup> Ao transformarmos a escala de 21 a 105 em uma escala percentual, pode-se perceber que 56,5 equivale a 42,2%.

estudo.

O docente que aplicou a sequência didática dispunha de dois encontros semanais síncronos de aproximadamente cinquenta minutos com as sete turmas participantes<sup>140</sup>; a possibilidade de disponibilizar arquivos e *links* na plataforma *Google Sala de Aula*; e atividades que deveriam produzir registros de presença e desempenho dos estudantes, por exemplo, para fins de aprovação no ano letivo. Essas condições balizaram as escolhas feitas no desenvolvimento da sequência didática aplicada e do Produto Educacional em si. O docente realizou aulas síncronas expositivas, com algum tempo – relativamente menor – para debate e tirar dúvidas. Foram realizadas, tanto no *Grupo Controle* como no *Grupo Experimental*, 41 postagens na plataforma, dentre as quais continham: formulários *on-line*; os *slides* utilizados na disciplina e imagens do “quadro” da exposição do professor<sup>141</sup>; documentos escolares; *links* para vídeos da plataforma *YouTube* e sítios de pesquisa; textos em formato PDF. A aplicação – isto é, a execução da sequência didática para exame das crenças de autoeficácia – e o desempenho em Física corresponderam a seis destas 41 postagens.

As mensurações das crenças de autoeficácia e do conhecimento de mecânica newtoniana ocorreram por meio de duas medições: inicial e final, em outras palavras, foram aplicados pré e pós-testes antes da etapa 5 e depois da etapa 6 da sequência didática proposta, que podem ser visualizadas nos Apêndices C e D. O número de respostas obtidas em cada uma dessas etapas serão detalhados em seguida.

#### 4.2.1 Método aplicado ao Grupo Controle: ensino e aprendizagem sem aplicação do conceito de autoeficácia

Um dos objetivos do presente estudo foi examinar a modificação das crenças de autoeficácia e o desempenho escolar na disciplina de Física no período pandêmico e, particularmente, após a execução da sequência didática proposta. Em particular,

---

<sup>140</sup> Esses encontros eram extremamente esvaziados. Durante a disciplina de Física, os encontros síncronos pelo *Google Meet*, poucos encontros tiveram mais de 10 alunos *on-line* simultaneamente. Número que foi reduzindo até o final do período letivo, chegando inclusive, a ter inúmeras aulas sem quaisquer alunos presentes. A interação também era pouca, em geral, os estudantes não abriam as câmeras e com pouca frequência falavam pelo microfone na videochamada, pois se comunicam na maioria das vezes de forma escrita pelo *chat* do *Google Meet*.

<sup>141</sup> O docente expôs o conteúdo e realizou discussões exibindo um quadro na chamada de vídeo, esse quadro virtual realizava um papel semelhante ao da lousa ou do quadro de giz, comumente utilizados em aulas presenciais.

deseja-se verificar se o conteúdo audiovisual de vídeos explicativos associados à realização de atividades em formulários *on-line* com *feedback* instrutivo potencializa (ou não) o desenvolvimento de diferentes níveis de crenças para a eficácia em aprender ou ter um bom desempenho em Física. Nesse sentido, durante o primeiro semestre letivo do ano de 2021, foram aplicadas duas sequências didáticas ligeiramente diferentes em dois grupos de estudantes provenientes de sete turmas do primeiro ano do Ensino Médio<sup>142</sup>. Neste tópico, descrevem-se os métodos aplicados e os resultados obtidos no Grupo Controle.

No Grupo Controle – isto é, em um dos grupos de estudantes do primeiro ano que participaram da pesquisa em 2021 –, não aplicamos os constructos de Bandura (1977; 1986), em especial as noções das crenças de autoeficácia e dos processos de modelagem. Isso significa que foi promovida uma sequência didática virtualmente tradicional, no sentido de que tentou-se utilizar formas convencionais de ensino na modalidade virtual. Isso pode ser exemplificado por três aspectos: (1) os encontros síncronos que se tornaram algo semelhante a aulas expositivas, com algum espaço para discussões ou tirar dúvidas; (2) eventualmente, foram utilizadas imagens e vídeos nas aulas, nos *slides*, nos textos ou disponibilizados individualmente na plataforma, dando ênfase à utilização de textos; (3) as atividades atuaram como as tradicionais listas de exercícios e provas, pois, nesse caso, se destinaram a registrar a presença dos discentes e atuou como instrumento somativo do desempenho na disciplina de Física. Semelhante ao que pode ser visualizado nas seis etapas do Apêndice D.

Nas seis postagens referentes à aplicação do Grupo Controle, foram postados os pré-testes para a aferição inicial, ou seja: (i) o formulário sobre o perfil socioeconômico, em conjunto com a avaliação das crenças de autoeficácia, adaptado de Rocha e Ricardo (2019); e (ii) o formulário para examinar o conhecimento acerca do conceito de *força* ou das *leis de newton* a partir do *Half-length Force Concept Inventory* (HAN *et al.*, 2015; HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992). Em seguida, foram realizadas as etapas 5 e 6, como pode ser visto no Apêndice D. Nessas referidas etapas, foram postados: (iii) o *Capítulo 5 – Mecânica Newtoniana* da apostila (ver Produto educacional); (iv) seguido pelo vídeo *Teoria Newtoniana - Parte 1* e o

---

<sup>142</sup> É importante destacar que a sequência didática disponibilizada no Produto Educacional é uma versão sintética da sequência de aulas, atividades e materiais (em vídeo, imagens e texto) aplicadas aos estudantes participantes da pesquisa.

*Questionário 5* (ver Produto educacional); (v) vídeo *Teoria Newtoniana - Parte 2* e o *Questionário 6* (ver Produto educacional); e então, (vi) os pós-testes, para a aferição final das crenças e dos conceitos de força<sup>143</sup>.

Com relação ao conteúdo audiovisual, os vídeos *Teoria Newtoniana - Parte 1* e *Parte 2* continham como áudio uma exposição/narrativa realizada pelo professor, enquanto visualmente, apresentava-se um quadro no qual o docente escrevia e fazia ilustrações em lousa digital, algo que se assemelha a uma aula expositiva *tradicional*. Os questionários 5 e 6 eram atividades somativas, nos quais os estudantes respondiam sem receber qualquer resultado ou *feedback*. Na seção seguinte, descrevemos as estratégias utilizadas no Grupo Experimental.

#### 4.2.2 Método aplicado ao Grupo Experimental: ensino e aprendizagem com aplicação do conceito de autoeficácia

Neste tópico, são apresentados os métodos aplicados e os resultados obtidos no Grupo Experimental. Esse outro agrupamento é composto por turmas que foram acompanhadas por uma metodologia distinta da do Grupo Controle. No Grupo Experimental, há aplicação de *feedbacks* em vídeo nas atividades e vídeos explicativos com conteúdo audiovisual (animações e música) – as quais servem para atrair ou reter a atenção, bem como estimular e promover o processo de ensino-aprendizagem.

Paralelamente ao Grupo Controle, no Grupo Experimental, aplicou-se uma sequência didática que se baseou nos constructos de Bandura (1977; 1986) a um outro grupo de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio<sup>144</sup>. Em especial, foram aplicadas as noções das crenças de autoeficácia e dos processos de modelagem para propor uma intervenção e, assim, discutir os limites e as potencialidades da estratégia adotada no Grupo Experimental. Em outras palavras, foi executada uma sequência didática similar ao do Grupo Controle durante o primeiro semestre de 2021, de forma paralela, no qual as únicas diferenças foram: (1) o conteúdo audiovisual dos vídeos; e (2) o sistema de *feedback* nas atividades postadas na plataforma nas etapas cinco e seis da sequência, como pode ser visualizado no Apêndice C. Nesse sentido,

---

<sup>143</sup> Para ter acesso às questões do pós-teste, acesse o seguinte *link*: <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?l=160&A=HFCI> Acesso em: 15 mar. 2022.

<sup>144</sup> Cabe ressaltar que uma aplicação foi independente da outra. Ou seja, que as observações realizadas em cada grupo não exerceram quaisquer influências sobre o outro. Essa não correlação é fundamental para a ANOVA de *medidas repetidas*.

buscaremos verificar se há diferenças significativas nas crenças e nos desempenhos dos estudantes de acordo com os dados das aplicações.

Os vídeos explicativos disponibilizados nas etapas cinco e seis para o Grupo Experimental continham os mesmos áudios dos vídeos *Teoria Newtoniana - Parte 1 e Parte 2* do Grupo Controle<sup>145</sup>, com exceção do acréscimo de música em partes dos vídeos no Grupo Experimental. Outra diferença é que, no Grupo Experimental, os vídeos explicativos continham um conteúdo visual bem mais trabalhado. Foram colocadas animações e diversos elementos pictóricos (fotos, ilustrações, etc.) com o objetivo de facilitar a compreensão das ideias dos vídeos. Os questionários 5 e 6 disponibilizados juntos com os vídeos explicativos também tiveram intervenções. Ao responderem incorretamente alguma das perguntas nas duas atividades, os estudantes seriam redirecionados para um vídeo do professor com uma breve explicação e dica para a resolução da questão em específico.

Abaixo será apresentados uma síntese dos resultados da aplicação das duas sequências didáticas nos grupos Controle e Experimental. É importante notar que este estudo trata de quatro casos. Ou seja, das quatorze turmas participantes da pesquisa: três formam, no primeiro semestre de 2021, o Grupo Controle (C) no formato virtual (V); enquanto quatro turmas, no mesmo semestre, constituíram o Grupo Experimental (E) no formato virtual (V). No segundo 2º semestre de 2021, as escolas da rede pública iniciaram o formato híbrido (H). Nesse período, quatro turmas compoam o Grupo Controle (C) no formato híbrido (H); e as outras três classes, o Grupo Experimental (E), agora no modelo híbrido (H). Por esse motivo, nomea-se, respectivamente, os quatro casos como: 3CV, 4EV, 4CH e 3EH. Na seção a seguir, trata-se desses quatro casos.

#### 4.2.3 Síntese dos resultados obtidos nos quatro casos

No cenário pandêmico, uma complexidade que se apresentou perante a realização desta investigação foi o progressivo decaimento da participação na disciplina, tanto nas respostas às atividades da plataforma, quanto ao aparecimento nos encontros síncronos, no 1º semestre de 2021, e presenciais, no 2º semestre de

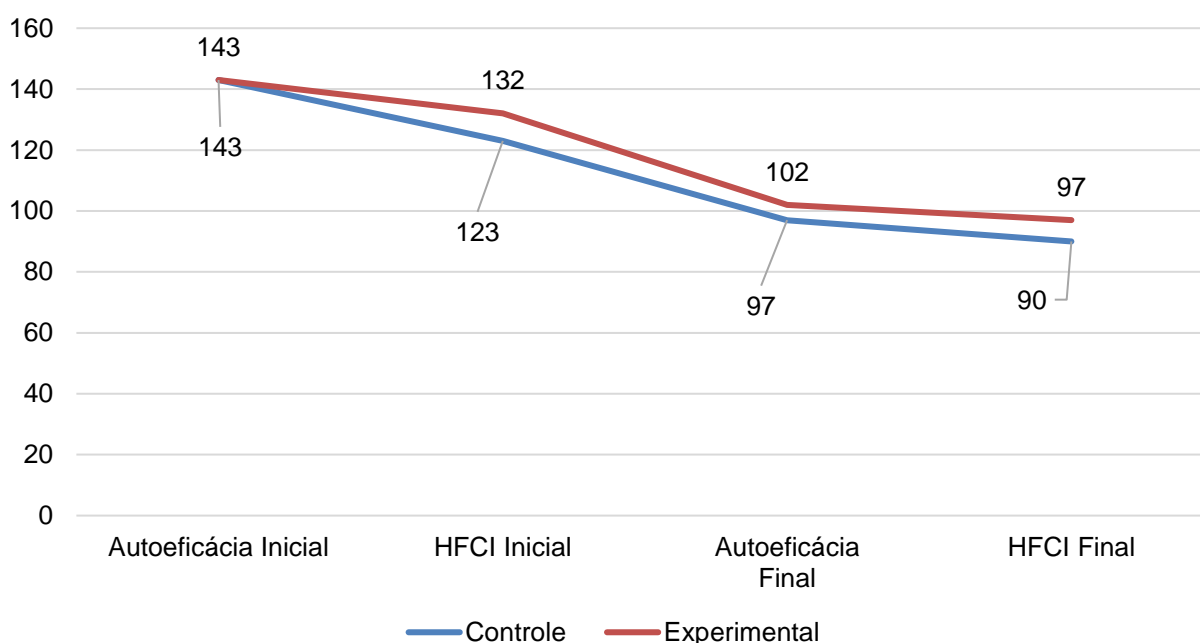
---

<sup>145</sup> Os *links* para esses vídeos e atividades estão nos Apêndices C e D, bem como no Produto Educacional.



2021<sup>146</sup>. Por esse motivo, apresenta-se aqui uma síntese das devolutivas obtidas ao longo da aplicação das sequências didáticas nos grupos Controle e Experimental na para que se possa ilustrar o que ocorreu com esses grupos Experimental e de Controle. A Figura 10 sintetiza os dados sobre o número de devoluções das atividades na plataforma durante a aplicação da sequência didática. Durante os conselhos de classe na unidade de ensino, debatia-se que o mesmo fenômeno ocorria de forma sistêmica em todas as disciplinas e, portanto, não somente na disciplina de Física.

**Figura 10** – Número de respostas às atividades de Física durante a aplicação das sequências didáticas nos Grupos Controle e Experimental



Fonte: Elaboração própria.

Coincidentemente, tanto o Grupo Controle quanto o Grupo Experimental retornaram 143 respostas no primeiro questionário da aplicação. Pode-se perceber do Figura 10, que nos dois grupos o número de respondentes diminuiu até o final da aplicação das sequências didáticas. Mesmo assim, uma ligeira distinção pode ser vista na Figura 10, pois o Grupo Experimental teve uma diminuição da participação menos intensa quando comparada com o Grupo Controle. Dos 187 respondentes que responderam à atividade final da aplicação, isto é, o HFCI final, apenas 170

<sup>146</sup> Várias tentativas de engajar os estudantes nas atividades pedagógicas foram realizadas, como: ligações por telefone, contato via redes sociais e até mesmo a visita de servidores à residência dos discentes. A rede pública do DF flexibilizou as condições de aproveitamento mínimo para a promoção de série, como forma de combater o abandono e a reprovação em massa (ALCANTARA, 2021).

responderam também os outros instrumentos de medida da aplicação da sequência.

Para fins de análises do *ganho percentual normalizado* <g> e as variações das crenças de autoeficácia em cada um dos casos (CV, CH, EV e EH), foram consideradas apenas a amostra de 170 respostas, porque, dos 286 que aceitaram participar da pesquisa, apenas 170 realizaram, de fato, os pré e os pós-testes sobre o conteúdo de Mecânica newtoniana. A seguir, são descritos e brevemente analisados os resultados dessas medições com a finalidade de buscar evidências do impacto das estratégias adotadas.

Em síntese, quatorze turmas de 1º ano do Ensino Médio participaram desta pesquisa. Para examinar os impactos das sequências didáticas aplicadas aos grupo Experimental (E) e Controle (C) nos formatos virtual (V) e híbrido (H), foram consideradas apenas 170 respostas, no qual: 25, 55, 39 e 51 foram provenientes, respectivamente, dos casos CV, CH, EV e EH.

O contexto até, aqui, descrito, justifica a necessidade de estudar a motivação dos estudantes, particularmente, sob a perspectiva sócio-cognitivista; bem como investigar as relações das crenças de autoeficácia com o aprendizado, em particular, de Física no Ensino Médio. É perceptível que a participação na pesquisa, e nas atividades da disciplina como um todo, foi maior no formato híbrido (106) do formato que no formato plenamente virtual (64). Isso é um indício do que ocorreu durante o ano letivo de 2021, isto é, que o formato híbrido foi mais bem-sucedido por manter os estudantes engajados no processo educativo do que no período de Ensino Remoto Emergencial<sup>147</sup>.

#### 4.2.4 Crenças de autoeficácia nos quatro casos

Em relação às possíveis influências que as sequências didáticas Experimental e de Controle podem ter sobre os índices das convicções dos estudantes em suas capacidades para desempenhar a disciplina de Física no contexto do isolamento social. Pode-se analisar, portanto, em uma primeira aproximação, as médias dos valores das crenças de autoeficácia para cada caso em específico. Nesse sentido, o

---

<sup>147</sup> Entrevistas semiestruturadas foram realizadas com estudantes de sete turmas. As entrevistas tiveram a intenção de investigar as fontes das crenças de autoeficácia, semelhante é descrito por Oliveira (2016) e Selau *et al.* (2019), pois como explica Pajares e Olaz (2008): as fontes de crenças de autoeficácia estão diretamente relacionadas com o modo como o indivíduo interpreta as experiências. Desse modo, a entrevista pode ser utilizada para buscar compreender evidências dessas interpretações em estudos futuros.

Quadro 17 sintetiza as medidas iniciais e finais das crenças de autoeficácia dos quatro casos: CH, EH, CV e EV.

**Quadro 17** – Média das 170 medidas das crenças de autoeficácia nos grupos Controle (C) e Experimental (E) nos formatos híbrido (H) e virtual (V) <sup>148</sup>

| Grupo     | N  | Autoeficácia Inicial | Autoeficácia Final | Final - Inicial |
|-----------|----|----------------------|--------------------|-----------------|
| CH        | 55 | 56,0 ± 14,1 DP       | 56,4 ± 11,2 DP     | 0,4             |
| CV        | 25 | 56,4 ± 10,9 DP       | 54,8 ± 10,3 DP     | -1,6            |
| EH        | 51 | 62,2 ± 14,3 DP       | 62,5 ± 15,7 DP     | 0,3             |
| EV        | 39 | 53,1 ± 12,3 DP       | 53,9 ± 12,1 DP     | 0,8             |
| C (total) | 80 | 56,1 ± 13,1 DP       | 55,9 ± 10,9 DP     | -0,2            |
| E (total) | 90 | 58,2 ± 14,1 DP       | 58,8 ± 14,9 DP     | 0,6             |

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o Quadro 17 – Média das 170 medidas das crenças de autoeficácia nos grupos Controle (C) e Experimental (E) nos formatos híbrido (H) e virtual (V), é possível notar que o único caso no qual houve uma queda no nível das crenças de autoeficácia foram as turmas CV, ou seja, as turmas do Grupo Controle (C) no formato virtual (V) apresentaram um decréscimo de 1,6, o que corresponde a uma variação média percentual negativa de aproximadamente 1,9%<sup>149</sup>. O caso que apresentou maior aumento dos índices das crenças de autoeficácia foi no Grupo Experimental do ensino virtual, em que a média dos índices das crenças aumentaram 0,8, o que equivale a um acréscimo aproximado de 1%.

Ao calcular os valores médios para os todos os alunos dos Grupos Experimental e Controle, como está evidente na Figura 10, percebe-se que: os 80 estudantes que tiveram contato com a sequência didática de Controle nos formatos virtual e híbrido – C (total) – apresentaram, em média, uma diminuição média de cerca de 0,2 (ou 0,2%) no índice de confiança no próprio desempenho na disciplina de Física. Diferentemente, os 90 alunos que foram instruídos com a sequência didática Experimental – ou seja, que tiveram contato com uma sequência pedagógica idêntica à do Grupo Controle, exceto por conter animações em seus vídeos explicativos, *feedback* imediatos em suas atividades –, nos formatos virtual e híbrido – E (total) –,

<sup>148</sup> Aqui, as médias de C (total) e E (total) foram calculadas a partir de uma *média das médias*, isto é, as médias apresentadas na Figura 10 expressam a média das aplicações em cada formato, híbrido e virtual. Isso significa os dados dos diferentes casos não foram *misturados*.

<sup>149</sup> Refere-se a variação média como o valor da variação ocorrida com a média dividida pelo *tamanho* da escala de autoeficácia, que varia entre 21 e 105. Neste caso, os índices médios das crenças de autoeficácia inicial e final do grupo CV foram 56,4 e 54,8. A escala de autoeficácia tem *tamanho* 84,

logo:  $\frac{54,8 - 56,4}{84} \cdot 100\% = -1,9\%$

exibiram, em média, um acréscimo de 0,6% em suas crenças de autoeficácia em desempenhar a disciplina de Física.

Essas medidas podem ser interpretadas com base no conteúdo teórico da psicologia cognitiva de Bandura, que, nesse caso, compreende as crenças de autoeficácia como “as crenças de alguém em sua capacidade de organizar e executar cursos de ação requeridos para produzir certas realizações” (BANDURA, 1997. p 3), ou seja, ter uma boa compreensão ou um bom desempenho na disciplina de Física. Nesta investigação exploratória, parte-se da hipótese de que os elementos que constituem as sequências didáticas servirão de fontes para construção e atualização da eficácia percebida pelo estudante em desempenhar bem a disciplina que, neste estudo, ocorreu em contexto muito particular de ensino total ou parcialmente remoto . Em outras palavras, que as sequências didáticas têm potencial para afetar as convicções dos discentes quanto a ter um bom desempenho na disciplina durante o Ensino Remoto Emergencial (SILVA *et al.*, 2020). Por isso, deseja-se, nesta pesquisa, examinar os indícios de uma possível influência positiva ou negativa sobre as percepções dos estudantes quanto ao curso. Pode-se, assim, reforçar ou não as hipóteses, aqui estabelecidas. Por exemplo, a hipótese de que a sequência didática Experimental pode impactar positivamente as crenças dos alunos, tendo como referência a sequência didática Controle.

Os valores encontrados ( $\alpha = 0,874$  e  $\alpha = 0,812$ ) para o *alpha de Cronbach* calculado a partir das 286 e 244 respostas aos questionários para as crenças de autoeficácia demonstram a fiabilidade desse instrumento e das respostas analisadas, pois  $\alpha > 0,7$  indica uma alta consistência interna de seus itens, o que é um primeiro passo para identificar a validade das medidas das crenças neste estudo (MOROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). Outro passo importante na busca por indícios da ocorrência de influências das estratégias utilizadas nos grupos Controle e Experimental é investigar se os valores médios encontrados em cada caso apresentam diferenças estatisticamente significativas. Dessa forma, é possível afastar a hipótese nula de que as variações observadas nessas médias ocorreram aleatoriamente. Para isso, utilizou-se o *software* estatístico gratuito Jamovi 2.2.5.<sup>150</sup>—isso será discutido no Capítulo 5 deste texto.

---

<sup>150</sup> Disponível em <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 15 mar. 2022.

Oliveira (2016) e Oliveira *et al.* (2017) relatam estudos semelhantes aos desenvolvidos aqui, pois examinam a modificação do índice das crenças de autoeficácia para o aprendizado eletromagnetismo e trabalhar colaborativamente, investigando a promoção das crenças de autoeficácia e do *ganho* <g> de Hake por metodologias ativas com estudantes de graduação. Dos 27 graduandos que participaram da estratégia de aprendizagem ativa *Team Based Learning* (TBL) no estudo de Oliveira (2016), apenas um teve decréscimo em suas percepções de autoeficácia para aprender Física. Além disso, no referido estudo, foi possível mostrar uma diferença significativa entre o desempenho dos estudantes nos pré e pós-testes padronizados. Os resultados encontrados por Oliveira (2016) são comparáveis a diversos estudos acerca dos efeitos de metodologias ativas para o ensino de Física e Ciências, como os estudos de Hake (1998), Crouch e Mazur (2001) e Barros *et al.* (2004).

Por um outro lado, Oliveira *et al.* (2017), Fraiha *et al.* (2018) e Selau *et al.* (2019) evidenciam a necessidade de se investigar os processos internos que regulam as ações, os pensamentos e as emoções dos indivíduos, e que repercutem e relacionam, dentre outras coisas, com o desempenho acadêmico, como apontam diversos autores (AZZI; POLYDORO, 2006; BZUNECK, 2009; PAJARES; OLAZ, 2008; ZIMMERMANN, 2000). A seguir, serão apresentados os dados com relação ao desempenho dos estudantes.

#### 4.2.5 Desempenho e o ganho normalizado médio

Em relação ao desempenho dos estudantes, optou-se, neste estudo, por utilizar um instrumento de medida padronizado, validado e curto, na tentativa de capturar dados com qualidade suficiente para que fosse possibilitado análises descritivas e estatísticas adequadas, levando em conta a complexidade da obtenção de dados no contexto da Educação Pública brasileira, particularmente, na conjuntura estabelecida durante a pandemia da covid-19. Os 170 secundaristas que tiveram, na seção anterior, descritas as mensurações médias de suas crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física (nos formatos virtual e remoto), também responderam aos pré e pós-testes de mecânica. Nesse sentido, é descrito a seguir os

resultados obtidos do desempenho dos estudantes nos pré e pós-testes no qual utilizou-se o HFCI<sup>151</sup>, proposto e validado por Han *et al.* (2015; 2016).

Como discutido no Capítulo 2 deste texto, na literatura da área de pesquisa em Ensino de Física, mormente nas obras de língua inglesa, destacam-se estudos voltados para a mensuração dos efeitos ou da eficiência em promover ganhos conceituais em cursos introdutórios de Física, singularmente, por intermédio das contribuições de Hestenes *et al.* (1992; 1995) e Hake (1998). Han *et al.* (2015, p. 1) declaram que

avaliar o que os alunos aprendem ou o que eles sabem é uma tarefa importante, mas difícil, na pesquisa em educação. Na comunidade de ensino de física, o Force Concept Inventory (FCI) é a ferramenta de avaliação mais utilizada.

Por esse motivo, em seu estudo de 2015, Han *et al.* (2015) se dedicaram em propor uma versão mais curta do teste FCI, que mantivesse um grau de confiabilidade equivalente ao da versão de Hestenes *et al.* (1995), composto originalmente por 30 itens de múltipla escolha. Han *et al.* (2015) esclarecem que o tempo é um fator importante nesse tipo de pesquisa e, por isso, sua proposta almeja contribuir em dois aspectos apontados como relevantes na literatura: o tempo necessário para responder o FCI, e as interferências na medida por efeito da memorização das questões quando são utilizadas provas idênticas nos pré e pós-testes<sup>152</sup>. Han *et al.* (2015) propõem dois testes paralelos para os pré e pós-testes, com quatorze questões não idênticas<sup>153</sup>, diminuindo assim, tanto o tempo de resposta e a possibilidade de influência de alguma memorização. Dessa forma, esse instrumento apresentou-se como uma alternativa viável para, no contexto deste estudo exploratório, examinar a compreensão conceitual dos educandos acerca das leis do movimento e da força newtoniana, por meio de seu desempenho nos pré e pós-testes aplicados em um período menor do que cinco semanas. Com esse suporte teórico-metodológico, é plausível discutir as reverberações das estratégias adotadas neste estudo.

O Quadro 18, exibido abaixo, sintetiza os resultados referentes ao desempenho dos 170 estudantes, por meio da porcentagem de seus acertos nos pré e

---

<sup>152</sup> Han *et al.* (2015) explica que a influência tende a diminuir após um período de cinco semanas (HENDERSON, 2002; OTTER; MELLEBERGH; GLOPPER, 1995; SMITH; SZELEST, 2006).

<sup>153</sup> *Half-length Concept Inventory Force.*

pós-testes, evidenciando os valores médios para cada um dos quatro casos (CH, CV, EH e EV).

**Quadro 18** – Síntese das médias percentuais (%) de acertos dos Grupos Experimental e Controle nos formatos híbrido (H) e virtual (V) nos pré e pós-testes e aplicação do teste Shapiro-Wilk

| Objetivo                                       | Grupo        | Formato | HFCI inicial        | HFCI final          | Final - Inicial |
|--|--------------|---------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Síntese das médias percentuais                 | Experimental | Híbrido | 20,85 ± 13,07<br>DP | 20,71 ± 15,14<br>DP | -0,14           |
|  |              | Virtual | 19,79 ± 13,79<br>DP | 18,71 ± 15,71<br>DP | -1,07           |
|  | Controle     | Híbrido | 20,36 ± 14,57<br>DP | 21,71 ± 16,71<br>DP | 1,35            |
|  |              | Virtual | 21,14 ± 10,00<br>DP | 15,43 ± 9,57 DP     | -5,71           |
|  | Experimental | H+V     | 20,32 ± 0,75 DP     | 19,71 ± 1,41 DP     | -0,61           |
|  | Controle     | H+V     | 20,75 ± 0,55 DP     | 18,57 ± 4,44 DP     | -2,18           |
| Aplicação do teste Shapiro-Wilk <sup>154</sup> | Experimental | Híbrido | < 0,001             | < 0,001             |                 |
|  |              | Virtual | < 0,001             | < 0,001             |                 |
|  | Controle     | Híbrido | < 0,001             | < 0,001             |                 |
|  |              | Virtual | 0,060               | 0,023               |                 |

Fonte: Elaboração própria.

No Quadro 14, há dois objetivos: primeiro, apresentar a síntese das médias percentuais e; segundo, expor o resultado da aplicação teste Shapiro-Wilk. Sobre o primeiro objetivo deste quadro, demonstra-se uma baixa quantidade de acertos percentuais nas médias dos pré e pós-testes em todos os casos. Se considerarmos os acertos percentuais dos estudantes, as médias de acertos no pré-teste foi de 20,34% ± 0,30%, no pós-teste foi de 19,14% ± 0,81%. Esses são valores comparáveis com resultados encontrados na literatura. Por exemplo, os dados de 1113 estudantes de quatorze escolas secundaristas analisadas por Hake (1998) apresentam um acerto médio no pré-teste de 28%. Mesmo assim, chama-se a atenção o fato dos acertos terem diminuídos nos pré-testes para os pós-testes. Somente o Grupo Controle do formato híbrido (CH) apresentou um aumento de 1,35% em sua média.

Para verificar a confiabilidade desses dados, isto é, a consistência interna das 170 respostas nos pré e pós-testes do HFCI, calculou-se novamente o índice *Alfa de Cronbach*, os valores encontrados foram, respectivamente:  $\alpha = 0,268$  e  $\alpha = -0,067$ . Isso provavelmente revela a inconsistência dessas respostas<sup>155</sup>. Em buscas de

<sup>154</sup> O Shapiro-Wilk é um teste estatístico que tem por objetivo avaliar se uma amostra apresenta distribuição normal (ANJOS, 2005). Condição necessária para a execução das Análises de variância – ANOVA.

<sup>155</sup> Han *et al.* (2016, p. 4) afirma que: “para todos os três testes, as chances de adivinhação são da ordem de 10% a 15%, o que está abaixo da incerteza estrutural das perguntas de resposta única de

indícios para confirmar essa hipótese, realizou-se também o teste de Shapiro-Wilk<sup>156</sup>, que é utilizado para verificar se os dados de uma variável apresentam distribuição normal, pressuposto estatístico para testes paramétricos – esse é o segundo objetivo apontado no Quadro 17. No Quadro 18, pode-se constatar pelo valor de  $p$  proveniente do teste de Shapiro-Wilk, que exceto o grupo CV no pré-teste, nenhum dos demais conjuntos obedeceu a parâmetros normais de distribuição. O que justifica utilizar, nesses casos, a análise não paramétrica de Friedman ( $p = 0,602$ ), indicando a não existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos grupos nos pré e pós testes. A seguir, no Capítulo 5, é analisado e discutido os resultados apresentados acima, qual seja, (1) das características socioeconômicas dos estudantes participantes da pesquisa; (2) suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física no contexto do *Ensino Remoto Emergencial*; e (3) de seus desempenhos nos pré e pós-testes do HFCI.

---

cinco opções. Esse resultado é consistente com a literatura existente, que mostra que os distratores das provas de FCI não são igualmente atendidos pelos alunos devido à compreensão ingênua dos alunos sobre os conceitos de física relacionados.” Nesse sentido, é importante avaliar se as médias aqui encontradas não refletem uma tentativa de adivinhar as respostas, mas, em alguma medida, a aleatoriedade das respostas.

<sup>156</sup> Um modelo apropriado para testar a normalidade de  $n$  dados de uma amostra com  $n \geq 50$  é o Kolmogorov. Aqui, esse teste corroborou a constatação da não normalidade dessas 170 respostas.



## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos trabalhos do campo realizado no Capítulo 2 deste texto auxilia na compreensão de que consideráveis esforços têm sido feitos na tentativa de melhorar os cursos introdutórios de Física, não raramente, buscando alternativas para as práticas que se nomearam como *convencionais* ou *tradicionais*. Em particular, uma parcela da pesquisa científica se desenvolveu na esteira do estudo de Haloun e Hestenes (1985), os quais examinaram um número massivo de testes aplicados prévia e posteriormente – o que pode ser chamado de pré e pós-teste – em cursos introdutórios de Física baseados ou não em Cálculo (HAKE, 1998)<sup>157</sup>. Haloun e Hestenes (1985) compreenderam com isso que: (i) as convicções iniciais qualitativas e de senso comum dos estudantes acerca do movimento e suas causas têm efeito sobre os desempenhos no curso, e que métodos convencionais de ensino produzem poucas mudanças nessas crenças; ainda, (ii) que apesar da grande diferença que existia na prática docente (dos quatro professores participantes do estudo), o *ganho* de conhecimento básico sob uma instrução convencional independe da atuação de um docente. Esses estudos subsidiaram teoricamente a proposta desta pesquisa que, neste capítulo, discute seus principais resultados.

De acordo com Richard R. Hake (1998), esses resultados de Haloun e Hestenes (1985) são consistentes com os estudos mais recentes, pois os cursos introdutórios convencionais continuam a manter estudantes passivos, tendo, assim, pouco impacto sobre a compreensão conceitual de Mecânica. Nesse sentido, Hake (1998) propõe avaliar os esforços em melhorar o aprendizado de Física, em particular, de estratégias que buscam promover o engajamento e a interação entre os estudantes. Para isso, Hake (1998) define o parâmetro *ganho percentual normalizado*  $\langle g \rangle$  com o propósito de avaliar o desempenho de estudantes de diferentes cursos submetidos a metodologias distintas.

Dessa maneira, neste capítulo, adota-se o *ganho*  $\langle g \rangle$  como o principal parâmetro utilizado para avaliar o desempenho dos estudantes. Objetiva-se, ainda na seção 5.1, comparar os resultados relatados no Capítulo 4 com estudos disponíveis na literatura. Na seção 5.2, discute-se sobre as crenças de autoeficácia e suas correlações com o desempenho acadêmico dos estudantes. Posteriormente, na seção

---

<sup>157</sup> Cálculo Diferencial e Integral.

5.3, são abordadas as correlações estatisticamente significativas acerca dos dados – socioeconômicos, das crenças de autoeficácia com relação à disciplina de Física. Então, na seção 5.4, são apresentadas considerações acerca das crenças de autoeficácia e sua relevância nos processos de ensino e aprendizagem.

### 5.1 Análise do desempenho por meio do ganho

Para compreender as repercussões das estratégias nas sequências didáticas Experimental e de Controle, é fundamental refletir sobre o desempenho do alunado, pois é importante avaliar e problematizar o aprendizado de Física no Ensino Médio na rede pública do Distrito Federal – o que pode contribuir com estudos ulteriores. Em uma perspectiva comportamentalista, o desempenho pode ser colocado como uma das dimensões da *aprendizagem*. Utilizou-se essa dimensão como uma aproximação da aprendizagem do estudante. Em uma pesquisa *translacional*, como esta, a mensuração do constructo da autoeficácia foi adicionada na tentativa de buscar uma reflexão mais ampla inclusive sobre o desempenho e a aprendizagem dos estudantes, que são moderados por muitos aspectos, incluindo motivacionais. Em particular, pretende-se, aqui, compreender como o aprendizado conceitual de Mecânica, com foco nas leis do movimento de Isaac Newton (1643 – 1727), assunto que dificilmente um estudante irá contornar ao se estudar Física pode ser ensinado – e, para isso, examinamos os resultados de quatro aplicações de dois grupos, o Experimental e o Controle.

Como dito, utiliza-se, aqui, o parâmetro *ganho*  $\langle g \rangle$  de Hake (1998), que permite, por sua vez, examinar os resultados dos testes conceituais, e assim, avaliar e comparar o impacto das diferentes estratégias para o aprendizado conceitual de Física, e em particular, de Mecânica Newtoniana. Isso está em vasta literatura, sobretudo internacional (COLLETA; PHILLIPS; STEINERT, 2007; CROUCH; MAZUR, 2001; HAN *et al.* 2015; 2016; HAKE, 1998; OLIVEIRA, 2016; QUIBAO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; VON KORFF *et al.*, 2016).

Alguns motivos foram determinantes para a escolha do HFCI (HAN *et al.* 2015; 2016) para a análise do impacto das sequências didáticas nesta pesquisa: (1) utilizar um experimento avaliado, criticado e validado na literatura especializada sobre o FCI (HESTENES *et al.*, 1992; 1995), como a adaptação e validação feita por Han *et al.* (2015; 2016); (2) a possibilidade de comparar os resultados de diferentes cursos ou

estratégias disponíveis na literatura por meio de um ferramenta padronizada; e (3) afastar a investigação de possíveis vieses de se utilizar uma avaliação não padronizada, como a de criar um questionário para os quais os estudantes foram treinados para responder questões semelhantes. Segundo Hake (1998), mesmo alguns dos críticos dessa ferramenta afirmam que o FCI é um dos testes mais confiáveis e úteis para a avaliação de cursos introdutórios de Física, além de ser capaz de investigar a compreensão conceitual dos conceitos básicos de Mecânica Newtoniana de estudantes iniciados ou não em cursos de Física, secundaristas ou universitários.

Retomando mais uma vez Hake (1998), seu estudo analisa o impacto de quatorze cursos que utilizaram metodologias *tradicionais* e 48 cursos que incorporaram estratégias de *engajamento interativo* (IE) por meio do desempenho os estudantes<sup>158</sup>. Ou seja, discutiu a influência das metodologias por intermédio do *ganho percentual normalizado*  $\langle g \rangle$  e o *ganho percentual normalizado médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle$  de um conjunto de 6542 discentes matriculados em 62 cursos introdutórios de Física que responderam a pré e pós-testes padronizados<sup>159</sup>. Hake (1998) apresenta e compara os resultados de cada um dos 62 cursos, provenientes do ensino secundarista (*High Schools*) e superior (em *Colleges* e *Universities*), por meio do cálculo do *ganho médio normalizado*  $\langle g \rangle$  de cada um dos cursos de Física, e em seguida, confronta as repercussões das metodologias tradicionais com aquelas baseadas em IE mediante o cálculo da média do *ganho médio normalizado*  $\langle\langle g \rangle\rangle$ . Faz-se essa sucinta síntese do estudo de Hake (1998) porque essa proposta reforça o que foi executado nesta pesquisa.

Na presente seção, 5.1, deseja-se apresentar e avaliar os dados obtidos similarmente à metodologia de Hake (1998), para neste caso, comparar o *ganho percentual médio*  $\langle g \rangle$  das quatorze turmas do primeiro ano do Ensino Médio que participaram desta pesquisa – observando que, neste estudo, a disciplina de Física

---

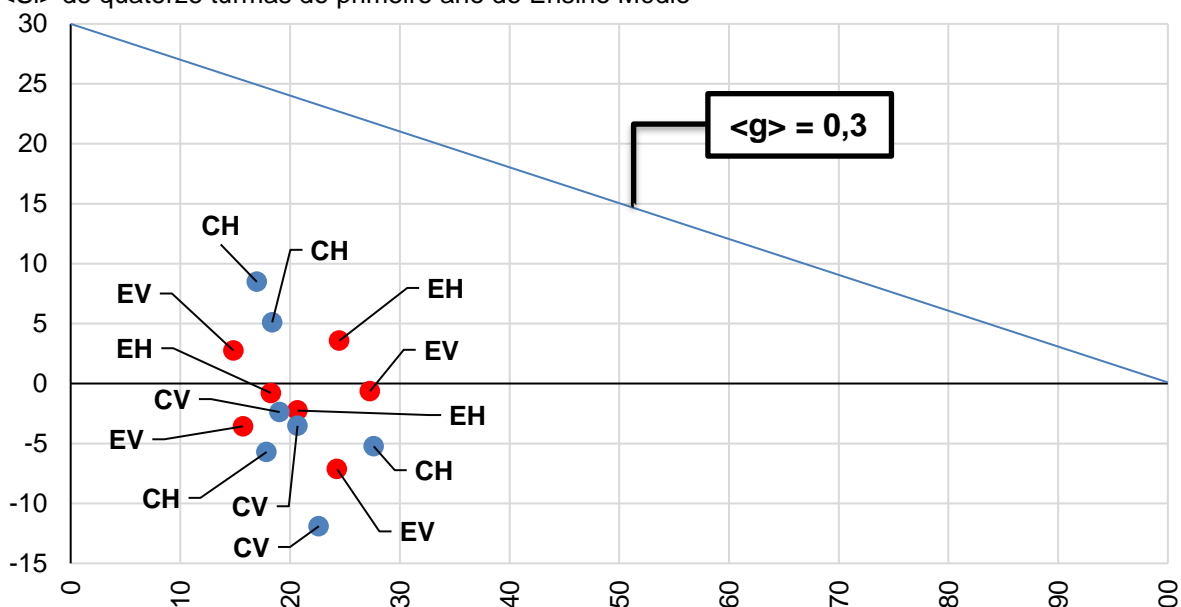
<sup>158</sup> O autor define: *Interactive Engagement* (IE) – *engajamento interativo* – como “métodos [...] concebidos, pelo menos em parte, para promover a compreensão conceitual por meio do envolvimento interativo dos alunos em atividades diretas (sempre) e práticas (geralmente) que geram *feedback* imediato por meio de discussão com colegas e/ou instrutores”; e como curso *Traditional* – *tradicional* – “[...] aquele reportado pelos professores que fazem pouco ou nenhum uso de IE, baseando-se principalmente em palestras para alunos passivos, laboratórios de receitas e exames de problemas algorítmicos” (HAKE, 1998, p. 65). Nesse sentido, o termo *tradicional* utilizado por Hake (1998) assemelha-se àquele discutido por Moreira (2018; 2019), e adotado no presente estudo.

<sup>159</sup> Os instrumentos avaliativos eram: Halloun–Hestenes *Mechanics Diagnostic test* (MD); sua versão mais recente, o FCI; e o *problem-solving Mechanics* Baseline (MB).

foi ministrada no contexto do Ensino Remoto Emergencial. Desse modo, considera-se aqui como *curso* outro nome para a mesma categoria que neste estudo optou-se por chamar de *caso*. Em outras palavras, os quatro casos: CV, CH, EV e EH constituíram quatro *cursos* diferentes, pois cada um desses conjuntos de estudantes tiveram contato com a disciplina de Física distintamente, tanto no formato (virtual ou híbrido), quanto na metodologia de ensino adotada (Controle ou Experimental)<sup>160</sup>.

Considerando esses aspectos, pode-se dizer, ainda, que os valores de *ganho* conceitual para um determinado curso é influenciado por questões de diversas naturezas, por exemplo: cognitivas, emocionais, comportamentais; bem como do contexto da escola, das turmas e das metodologias de ensino empregadas. Assim, cabe uma descrição pormenorizada de cada um dos quatro casos investigados. A Figura 11 exibe um gráfico do *ganho médio atual*  $\langle G \rangle$  em relação à percentagem média de acertos no pré-teste  $\langle S_i \rangle$ , apresentando pontos que representam cada uma das 14 turmas no qual estavam inseridos os 170 discentes que responderam aos questionários no formato de pré e pós-teste. Compreende-se que o *ganho médio atual* é definido como a diferença entre as médias percentuais de acertos finais  $\langle S_f \rangle$  e iniciais  $\langle S_i \rangle$ , isto é,  $\langle G \rangle = \langle S_f \rangle - \langle S_i \rangle$ .

**Figura 11** – Gráfico do ganho médio atual  $\langle G \rangle$  em relação à média percentual de acertos no pré-teste  $\langle S_i \rangle$  de quatorze turmas do primeiro ano do Ensino Médio



Fonte: Elaboração própria.

<sup>160</sup> Diversos aspectos podem variar de turma para turma, por exemplo, a idade média dos estudantes.

É importante notar que o valor absoluto da inclinação de uma linha que conecta os pontos ( $\langle G \rangle$ ,  $\langle S_i \rangle$ ), de qualquer turma em particular, com o ponto ( $\langle G \rangle = 0$ ,  $\langle S_i \rangle = 100$ ) é o parâmetro *ganho normalizado médio*  $\langle g \rangle$  para essa classe (HAKE, 1998). Na Figura 11, a linha azul explicita onde se encontra a região de *ganho*  $\langle g \rangle = 0,3$ . Hake (1998) classifica *ganhos* em três níveis: “g-alto” para os cursos com ( $\langle g \rangle \geq 0,7$ ); “g-médio” para classes com  $0,7 \geq \langle g \rangle \geq 0,3$ ; e “g-baixo” quando ( $\langle g \rangle \leq 0,3$ ). Dessa forma, pode-se observar na Figura 11 que quatro turmas encontraram-se na zona de “g-baixo”, duas delas do Grupo Controle (em azul) e duas do Grupo Experimental (em vermelho), enquanto as outras dez estão distribuídas na região de *ganho*  $\langle g \rangle$  negativo, o que, talvez, poderia ser interpretado como uma “perda” de aprendizagem, ou até, uma “baixa perda”. No entanto, ressalta-se, aqui, a necessidade de interpretar esses valores de forma ampla e integral, ou seja, considerando o contexto singular no qual se inseriram as aplicações das sequências didáticas Experimental e Controle. De acordo com isso, não seria razoável aguardar a ocorrência de resultados semelhantes a aplicações em contextos muito diferentes, como é o caso dos resultados de pesquisas com graduandos em áreas transversais à Física ou secundaristas (HAKE, 1998).

Pode-se afirmar que os 170 estudantes que tiveram suas respostas aos pré e pós-testes analisados foram instruídos de quatro formas diferentes e, assim, foram analisados os ganhos por caso (CH, CV, EH e EV). Dessa forma, como foi exposto no Quadro 18, é possível calcular os valores do *ganho médio normalizado*  $\langle g \rangle$  para cada uma dessas formas de ensino. Esses valores estão expostos a seguir, no Quadro 19.

**Quadro 19** – Ganho médio normalizado  $\langle g \rangle$  para cada um dos casos Experimental e Controle nos formatos híbrido e virtual

| Grupo        | Formato | $\langle g \rangle$ |
|--------------|---------|---------------------|
| Experimental | Híbrido | -0,00181            |
|              | Virtual | -0,01336            |
| Controle     | Híbrido | 0,01704             |
|              | Virtual | -0,07246            |

Fonte: Elaboração própria.

Com o objetivo de investigar as influências da utilização de estratégias de *Engajamento Interativo* em contraposição aos cursos com aulas tradicionais, faz-se uma relação entre os desempenhos desses estudantes em um instrumento padronizado e desenhado para mensurar as concepções sobre o movimento e a formulação de força. Hake (1998) propõe, então, a realização de uma *média de*

médias  $\langle\langle g \rangle\rangle$ , ou seja, a média do *ganho*  $\langle g \rangle$  das  $N$  turmas que utilizaram uma estratégia pedagógica de tipo  $P^{161}$ . Os dados apresentados no Quadro 19 possibilita verificar que, por conseguinte, a média do *ganho* das sete turmas foi a seguinte:

- Controle foi de  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7C} = -0,028 \pm 0,063$ ;
- Experimental foi de  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7E} = -0,008 \pm 0,008$ .

Esses dois resultados indicam que o *ganho* médio negativo do grupo Controle  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7C}$  apresentou uma “perda” cerca de 3,7 vezes maior.<sup>162</sup> De maneira semelhante, parece razoável investigar o *ganho* com relação aos formatos híbrido e virtual. Os dados do Quadro 19 implicam nos seguintes resultados:

- I. o *ganho* médio das turmas que tiveram contato com a sequência didática no formato híbrido foi  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7H} = 0,008 \pm 0,013$ ;
- II. na modalidade virtual  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7V} = -0,043 \pm 0,042$ ;
- III. o *ganho* médio  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7H}$  no formato híbrido foi positivo, e cerca de 5,4 maior que o *ganho* médio no virtual  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7V}$ .<sup>163</sup>

Aqui, cabe refletir: o que significam esses dados? Podemos afirmar que os instrumentos foram eficazes em mensurar a compreensão dos estudantes, bem como, de sua variação no período da aplicação da sequência didática? As diferenças entre os ganhos médios  $\langle\langle g \rangle\rangle$  são estatisticamente significativas? Uma forma de abordar essas questões é aplicar uma estudo estatístico robusto, o que pode ser realizado por meio de métodos frequentemente utilizados em pesquisa científica, como as *Análises de Variância* (ROCHA; JUNIOR, 2018). Nesse sentido, cabe, em um primeiro momento, buscar na literatura e examinar relatos de estudos que utilizaram os testes FCI e HFCI, particularmente daqueles que apresentam resultados dos *ganhos*

<sup>161</sup> Assim, pode-se entender que:  $\langle\langle g \rangle\rangle_{NP} = \sum_{n=1}^N \frac{\langle g_n \rangle_P}{N}$ , onde  $\langle g_n \rangle_P$  é o *ganho* da  $n$ -ésima classe no qual foi aplicada uma estratégia  $P$ .

<sup>162</sup> Ou seja:  $\frac{\langle\langle g \rangle\rangle_{7C}}{\langle\langle g \rangle\rangle_{7E}} = \frac{-0,028}{-0,008} \cong 3,7 \Rightarrow \langle\langle g \rangle\rangle_{7C} = 3,7 \cdot \langle\langle g \rangle\rangle_{7E}$

<sup>163</sup> Novamente, é possível comparar esses resultados médios, que:

$$\frac{\langle\langle g \rangle\rangle_{7V}}{\langle\langle g \rangle\rangle_{7H}} = \frac{-0,043}{0,008} \cong -5,4 \Rightarrow \langle\langle g \rangle\rangle_{7V} = -5,4 \cdot \langle\langle g \rangle\rangle_{7H}$$

*normalizados médios*  $\langle\langle g \rangle\rangle$ . Isso será abordado na próxima seção.

## 5.2 Estudo comparativo com a literatura do Inventário

Com o intuito analisar e dar significado aos resultados apresentados anteriormente, busca-se nessa seção, comparar os resultados encontrados nesse caso, em particular, com achados da literatura nacional e internacional. Havendo o presente estudo sido desenvolvido no contexto emergencial da pandemia do biênio 2020-2021, deve-se atentar para o caráter desfavorável dessa circunstância para o estabelecimento de processos de ensino e aprendizagem. Deve-se, portanto, realizar a interpretação dos valores aqui apresentados com a consideração de que houve fatos intangíveis e incontingências que o contexto pandêmico trouxe à luz.

É importante salientar, ainda, que as sequências didáticas utilizadas nesta pesquisa não tiveram como objetivo exclusivo buscar aumentar a capacidade dos estudantes de pensar o movimento newtonianamente. Nem se almejava ou esperava que os discentes compreendessem, repentinamente, os objetos de ensino apresentados de forma ideal. Por conseguinte, esses não eram os interesses desta pesquisa. Destaca-se ainda, que em nenhum dos casos investigados nesta pesquisa o docente que aplicou as duas sequências didáticas teve mais que duas semanas para discutir a teoria newtoniana. Por isso, considera-se que o tempo de aplicação da sequência didática, tanto a do grupo Controle quanto a do grupo Experimental, foi curto, o que limitou a possibilidade de se discutir, com profundidade, o complexo conteúdo da Mecânica. Nesse contexto, buscou-se motivar os estudantes, bem como dar elementos iniciais para o prosseguimento do estudo da Física. As *leis do movimento* e a *Teoria da Gravitação Universal* newtonina estabeleceram o horizonte do profícuo enredo histórico e epistêmico a ser traçado com os alunos.

Em seu estudo, Hake (1998) apresenta resultados dos *ganhos médios* dos 62 cursos em cada nível de ensino, distinguindo qual foi a respectiva metodologia empregada. O autor adverte que o *ganho percentual normalizado médio* dos dez cursos secundaristas que adotaram estratégias de IE foi  $\langle\langle g \rangle\rangle_{10IE} = 0,55 \pm 0,11$ , valor semelhante à média dos 48 cursos  $\langle\langle g \rangle\rangle_{48IE} = 0,48 \pm 0,14$ , que incluem as faculdades e universidades. Diferentemente, os quatorze cursos introdutórios de Física que utilizaram formas tradicionais de ensino obtiveram  $\langle\langle g \rangle\rangle_{14T} = 0,23 \pm 0,04$ , cerca de duas vezes menor que o ganho com uso de elementos de IE .

No estudo de Silva, Sales e Castro (2019), que foi sintetizado no Quadro 8 do Capítulo 2 deste texto, é descrita a comparação do *ganho* conceitual promovido por uma estratégia de aprendizagem ativa que utilizava elementos de *design* de jogos, ou seja, por meio de gamificação e por aulas tradicionais. A estratégia de gamificação, aplicada a um Grupo Experimental de 13 estudantes tinha o intuito engajar, motivar e melhorar o desempenho dos alunos, utilizando *ilhas de aprendizagem* e TICs. Sendo comparada aos resultados de um Grupo Controle, composto por 28 alunos que tiveram aulas tradicionais expositivas com um professor diferente do Grupo Experimental. Silva, Sales e Castro (2019) reportaram que os resultados para as turmas gamificadas foram de  $\langle g \rangle = 0,38$ , superior ao ganho ( $\langle g \rangle = 0,11$ ) das turmas que tiveram aulas convencionais. Os supracitados autores compreenderam, também, que o resultado da turma gamificada foi compatível com valores de *ganho* reportados na literatura acerca do uso de diversas estratégias de aprendizagem ativa, a exemplo, da *instrução por pares (Peer Instruction)*. Essa ponderação foi similar aos dos estudos de Von Korff *et al.* (2016) e Crouch e Mazur (2001). Mesmo assim, Silva, Sales e Castro (2019, p. 7) afirmam que

[...] os valores dos ganhos normatizados registrados na literatura internacional devem ser considerados com o devido cuidado, uma vez que os diferentes contextos, em que as metodologias de aprendizagem ativa forem aplicadas, podem deslocar os valores de ganho.

De maneira semelhante, compreende-se a robustez da comparação realizada por Hake (1998) do *ganho percentual normalizado médio* de atingido por diferentes classes em diferentes contextos, ao utilizar formatos tradicionais de ensino em relação aos que empregaram forma de Engajamento Interativo, contanto que sejam observadas as circunstâncias da aplicação das metodologias. Nesse sentido, é possível notar uma problemática nesta investigação: na revisão sistemática da literatura apresentada no Capítulo 2, foram encontrados trabalhos que trataram do *ganho* conceitual (HAKE, 1998; SILVA; SALES; CASTRO, 2019), mas, em contexto diferentes ao do desta pesquisa, não somente em relação ao Ensino Remoto Emergencial, e também referente ao número de estudantes envolvidos na pesquisa, o tipo de instituição no qual foi realizada e ainda, o nível (Básico ou Superior) do ensino, entre outras distinções.

Outro detalhe relevante para refletir sobre a tentativa de comparar os



resultados aqui obtidos é a observação feita por Han *et al.* (2015) de que, de acordo com seus dados, o HFCI apresentou: (i) um erro padrão em relação ao FCI em torno de 3%, isso precisa ser considerado ao comparar resultados desses dois formatos do teste; e (ii) que deve-se tomar cuidado com a utilização do HFCI para analisar turmas com menos de trinta estudantes, pois a incerteza nos *ganhos normalizados* pode se tornar muito grande para comparar diferentes metodologias<sup>164</sup>. Isso justifica, no contexto desta investigação, comparar os estudantes com eles mesmos, isto é, comparar e analisar suas características antes e depois e, simultaneamente com outro grupo essencialmente igual. Portanto, aqui, contrastamos os resultados do Grupo Controle e com os do Grupo Experimental – adotando a nomenclatura para cada grupo distintivo indica por Silva, Sales e Castro (2019).

O estudo de Silva, Sales e Castro (2019) tem outra afinidade com o presente estudo: o esforço em refletir sobre o *design* de um curso ou de uma sequência didática para o ensino de Física com uso de TICs. Conforme Hake (1998) discute, parte relevante dos autores da literatura especializada, nacional e internacional, tem explorado o tema das metodologias ativas de aprendizagem. Selau *et al.* (2019), por um outro lado, defendem que o sucesso de métodos ativos de aprendizagem dependem do quanto os estudantes avaliam ser capazes de executar as atividades propostas, isto é, do nível de autoeficácia para as ações em específico. Por isso, Selau *et al.* (2019) investigam a modificação das crenças de autoeficácia para aprender Física, realizar atividades experimentais e atuar em trabalho colaborativo por meio do método ativo, nomeado Episódios de Modelagem (HEIDEMANN; ARAUJO; VEIT, 2016).

Uma pesquisa similar à de Selau *et al.* (2019) foi realizada por Oliveira (2016), pois o referido estudo investigou a influência de uma metodologia ativa adaptada da *Aprendizagem Baseada em Equipes (Team Based-Learning)* nas atitudes dos alunos, na aprendizagem do conteúdo conceitual do eletromagnetismo, e nas crenças de autoeficácia para o trabalho colaborativo e para o aprendizado de Física. A pesquisa exploratória de Oliveira (2016), por sua vez, se desenvolveu no âmbito de uma disciplina de Física Geral de uma universidade pública brasileira com 27 estudantes. Este último autor verificou que houve um aumento estatisticamente significativo nos

---

<sup>164</sup> O limite máximo da incerteza  $\delta g$  para o *ganho normalizado*  $\langle g \rangle$  na medida do HFCI foi estimado por Han *et al.* (2016). Os valores de referência são:  $\delta g = 0,092$  para  $N = 30$ ;  $\delta g = 0,071$  para  $N = 50$ ;  $\delta g = 0,050$  para  $N = 100$ ; e  $\delta g = 0,029$  para  $N = 300$ ; onde  $N$  é o número de respondentes.

*ganhos normalizados médios* <g> de três testes padronizados aplicados durante a disciplina ( $55\% \pm 15\%$ ,  $55\% \pm 34\%$  e  $67\% \pm 20\%$ ). Esses valores foram comparáveis com outros relatos sobre o uso de metodologias ativas. Então, constatou-se que houve uma influência positiva nas atitudes dos estudantes quanto ao método de ensino e ao desenvolvimento das crenças de autoeficácia. Baseado na análise quantitativa e qualitativa, Oliveira (2016) defende, assim, que o *Team Based-Learning* tem potencial para produzir esses efeitos.

O trabalho de Oliveira (2016) possui diversas correspondências com o presente trabalho, pois investiga as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977) nos aspectos relacionados ao aprendizado de Física, como o de trabalhar colaborativamente, no contexto de uma metodologia que objetiva o engajamento e a interação dos estudantes, bem como do ganho <g>, em pré e pós-testes padronizados. Ao mesmo tempo em que a pesquisa de Oliveira (2016) apresenta semelhanças com os fundamentos teóricos deste estudo, o objeto e o problema de pesquisa têm diferenças importantes, como: o conteúdo trabalhado ser eletromagnetismo; os estudantes estarem participando de um curso de graduação em uma universidade pública; haver um número bem menor de participantes; e, principalmente, não estarem condicionados ao contexto singular do Ensino Remoto Emergencial provocado pela pandemia iniciada em 2020.

De acordo com o que foi discutido acima, chega-se a três pontos: (1) é possível refletir sobre os resultados dos desempenhos dos estudantes com base em relatos da literatura e os valores para o *ganho normalizado médio* <g>, bem como de seu desvio padrão; (2) cuidados devem ser tomados com esse tipo de medida e com sua análise e interpretação, como apontados por Han *et al.* (2015; 2016) e Hake (1998); e (3) pelos valores do *alfa de cronbach* encontrados para as 170 respostas nos pré e pós-testes ( $\alpha = 0,268$  e  $\alpha = -0,067$ ) conclui-se que não foi possível mensurar a compreensão conceitual sobre o movimento e o conceito de força, nem a possível modificação das concepções iniciais dos estudantes desta pesquisa. O índice *alfa de Cronbach* é utilizado pela grande maioria dos investigadores quando se trata da análise da *confiabilidade* dos dados obtidos de um instrumento de medida (MOROCO; GARCIA-MARQUES, 2006)<sup>165</sup>. Os baixos valores de  $\alpha$  nos pré e pós-testes exigem

---

<sup>165</sup> A *confiabilidade* ou a *fiabilidade* de uma medida está relacionada à sua *consistência*. Ao considerar que cada estimativa obtida em um instrumento de mensuração está sujeita a *erros* (*variabilidade*), e a

uma interpretação cuidadosa dessas medidas.

Os valores aqui apresentados e analisados evidenciam, pelo menos em parte, os prejuízos educacionais causados pela pandemia da covid-19, e a precariedade das alternativas adotadas no âmbito da Educação Pública no país, em particular, no aprendizado de Física. A discussão desenvolvida até aqui também corrobora a perspectiva da pesquisa por novas formas de ensino, em especial, permeada pelo uso de TDIC, devendo-se, levar em conta o relevante aspecto motivacional, fortemente relacionado às crenças de autoeficácia dos alunos e negativamente afetadas em circunstâncias tão adversas. Nesse sentido, cabe a seguinte indagação: dentro do panorama desse conjunto de estudantes de Ensino Médio, é possível identificar, com base nos dados coletados, outras variáveis que exercem influências estatisticamente significativas sobre as crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física?

Nesse sentido, é desejável investigar e descrever as possíveis correlações entre as crenças de autoeficácia com as outras variáveis mensuradas. Por esse motivo, são discutidas nas próximas seções a existência de correlações estatísticas entre as variáveis: (a) as crenças de autoeficácia em Física e; (b) as variáveis socioeconômicas. A investigação das correlações estatísticas descritas a seguir busca responder a seguinte pergunta: existem relações entre as crenças de autoeficácia em Física e as variáveis socioeconômicas (sexo, cor ou raça, a quantidade de aparelhos que o estudante tem em casa, a renda familiar, se o estudante trabalha, a escolaridade dos pais, a forma de acesso ao ambiente virtual utilizado pela escola)? Esse problema de pesquisa é tratado nos subtópicos a seguir.

### 5.3 Sobre as Crenças de Autoeficácia

Nas últimas décadas, tem-se aumentado o volume de obras a respeito da motivação escolar. De acordo com estudiosos como Bzuneck (2001), as abordagens cognitivas e sociocognitivas foram as mais frutíferas na busca pela compreensão dos

---

assim, a *consistência* da escala é indicada pelo nível de *erro*. Assim, a mensuração de um constructo só pode ser considerado *válida* caso seja *fiável* (MOROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). Variando entre 0 e 1, um valor baixo do índice (como é o caso em que  $\alpha < 0,3$ ) indica pouca consistência interna da medida, o que segundo Moroco e Garcia-Marque (2006) resulta que: (i) a medida pode não informar sobre o constructo que se desejava medir; e ii) o grande número de *erros* (*variabilidade*) afeta seu poder em análises estatísticas, dificultando a visualização de efeitos significativos.

processos de motivação e situações escolares específicas. De acordo com Costa e Boruchovitch (2006, p. 87),

a preocupação em investigar a motivação escolar em virtude das variáveis a ela relacionadas e dos aspectos próprios inerentes ao contexto constitui, atualmente, o interesse fundamental dos pesquisadores da área de psicologia educacional. [...] Todas as teorias definem motivação como algo voltado para um tipo de meta, propósito, que direciona o comportamento humano, incluindo escolhas e persistência.

A motivação, que ora pode ser compreendida como um processo, ora como um fator ou conjunto de fatores, vem sendo investigada por diversas abordagens teóricas nos últimos anos e é um objeto de estudo ao mesmo tempo, importante e complexo (COSTA; BORUCHOVITCH, 2006). Na literatura, a desmotivação para aprender ou estudar é frequentemente vista pelos professores como um dos principais problemas educacionais, afetando o sucesso acadêmico dos estudantes. Muitos estudos vêm demonstrando a importante influência da motivação no desempenho escolar (BZUNECK, 2001; SOUZA, 2007). É, em certo sentido, esperado que o nível motivacional para aprender possa variar durante o período escolar, de ano para ano, de disciplina para disciplina, dentre outros fatores. Mesmo assim, deve preocupar os estudiosos e os professores a persistência ou a frequência de níveis motivacionais negativos, o que pode acarretar em inúmeros problemas.

Investigações em torno do tema da motivação demonstraram consistentemente que a forma como uma pessoa interpreta suas experiências dá origem à convicções sobre as próprias capacidades e as expectativas para tarefas específicas, por exemplo, para o seu desempenho escolar, o que afeta seu comportamento, seus pensamentos e seus sentimentos (ZIMMERMANN, 2020; COSTA; BORUCHOVITCH, 2006). Uma das abordagens mais proeminentes no estudo da motivação geminou ainda na década de 1970, a Teoria da Autoeficácia (BANDURA, 1977), posteriormente incorporada na Teoria Social Cognitiva (1986) de Albert Bandura, sendo utilizada nos dias atuais como fundamento teórico em áreas como educação, esportes, saúde e psicologia (COSTA; BORUCHOVITCH, 2006). E como demonstrado neste trabalho, também existem no campo do Ensino de Física diversos trabalhos que abordam esse potente constructo psicológico (FRAIHA *et al.*, 2018; ROCHA; RICARDO, 2019; 2021; SELAU *et al.*, 2019; OLIVEIRA, 2016).

Na medida em que vivenciam o contexto escolar, os estudantes vão dando

significado, isto é, interpretando suas experiências, como a de serem avaliados pelo seu professor e pelos colegas de classe e, assim, desenvolvem julgamentos sobre as próprias capacidades para organizar e executar cursos de ação para atingir objetivos específicos. Esse é um aspecto importante sobre o constructo da autoeficácia (BANDURA, 1997; 1986) com relação a outros enfoques no estudo da motivação. Há, nesse prisma, uma especificidade com que essa perspectiva teórica trata as convicções pessoais para determinadas tarefas. A abordagem das linhas socio-cognitivas de Bandura têm apresentado resultados importantes, como Schunk (1990) e Zimmermann (2000), que constatam que o constructo da autoeficácia tem poder preditivo de diversos aspectos acadêmicos, dentre eles, o desempenho (COSTA; BORUCHOVITCH, 2006). Essa noção foi sintetizada por Bzuneck (2001, p. 2-3)

De acordo com a teoria de Bandura (1986; 1989; 1993), os julgamentos de autoeficácia de uma pessoa determinam seu nível de motivação da seguinte forma: é em função desses julgamentos que essa pessoa tem um incentivo para agir e imprime uma determinada direção a suas ações pelo fato de antecipar mentalmente o que pode realizar para obter resultados. Portanto, as crenças de auto-eficácia influenciam nas escolhas de cursos de ação, no estabelecimento de metas, na quantidade de esforço e na perseverança em busca dos objetivos.

Nesse sentido, é legítimo investigar as crenças de autoeficácia no contexto do ensino de Física, sendo fundamental refletir para além dos aspectos cognitivos, os comportamentais, motivacionais e/ou emocionais, especialmente em um momento tão singular e desmotivador do contexto do Ensino Remoto Emergencial. Como Costa e Boruchovitch (2006) esclarecem, as crenças de autoeficácia podem variar qualitativa e quantitativamente. Enquanto o aspecto qualitativo indica que existem estilos, formas para uma crença, ela também pode ser mais ou menos intensa, ou melhor, uma crença pode ser mensurada quantitativamente, podendo ser positiva ou negativa. Como em outras pesquisas, buscou-se aqui medir as crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física por meio de questionários aplicados aos alunos (PRINTICH; DE GROOT, 1990; ROCHA; RICARDO, 2019).

Diversas pesquisas, como exemplo, a desenvolvida por Pintrich e De Groot (1990) apontam uma relação significativa e positiva entre o uso de estratégias cognitivas e metacognitivas mais complexas com a orientação motivacional dos estudantes. Souza (2007) realizou um estudo correlato, verificou a existência de relações entre crenças de autoeficácia, percepção de utilidade matemática,

estratégias de aprendizagem e o desempenho em Matemática, a partir de dados coletados de 119 alunos do Ensino Fundamental. De modo similar, discute-se na próxima seção os resultados da investigação exploratória realizada nesta pesquisa, que teve como objetivo identificar possíveis correlações entre variáveis socioeconômicas com as crenças de autoeficácia em Física.

#### 5.4 Correlações Apreendidas

As informações e as análises apresentadas no Capítulo 4 e no presente capítulo tratam do contexto do Ensino Remoto Emergencial iniciado no ano de 2020, em particular, de uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal. Com relação aos estudantes que participaram desta pesquisa, são pormenorizadas algumas características sociais, econômicas, suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física no contexto do Ensino Remoto Emergencial, antes e depois da execução das sequências didáticas Controle e Experimental. Ainda, foram aplicados pré e pós-testes na tentativa de sondar as concepções iniciais sobre o movimento que são comuns aos estudantes secundaristas participantes esta pesquisa, na linha do que foi proposto por outros estudos da literatura (HAN *et al.*, 2015).

O desempenho dos estudantes nos pré e pós-testes do HFCl e as análises sobre o ganho médio normalizado  $\langle g \rangle$  apresentadas nas seções anteriores chamam a atenção. Dez das quatorze turmas apresentaram uma queda, mesmo que pequena, no desempenho dos pós-testes. Os valores do *alfa de Cronbach* encontrados para esses testes evidenciam um nível relevante de *variabilidade* nas respostas do questionário, e a fragilidade em conferir confiabilidade e validade aos dados impossibilitou a realização de análises mais profundas com esses dados. Nesse sentido, não foi possível examinar o impacto da sequência didática realizada pois não se observou uma tendência clara, estatisticamente significativa, com os resultados nos pré e pós-testes. Por um outro lado, esses dados parecem ser uma evidência fiel, pelo menos em parte, dos resultados pedagógicos do Ensino Remoto Emergencial no contexto brasileiro. São também um indício da complexidade da busca pelo engajamento, e pela motivação para aprender Mecânica em um contexto tão adverso, com tão pouca infraestrutura, muita das vezes.

Isso implica em uma necessidade de se investigar essa temática levando em

conta o papel central que as crenças de autoeficácia exercem sobre a motivação do estudante e, conseqüentemente, de seus sentimentos, pensamentos e comportamentos diante das disciplinas, em especial na de Física. Dessa forma, alguns autores como Bzuneck (2001, apud COSTA; BORUCHOVITCH, 2006) debatem sobre a necessidade de investigações rigorosas para identificar quais alunos têm problemas motivacionais e os porquês disso. Particularmente, deve-se investigar as variáveis que exercem influências relevantes nos processos motivacionais para o aprendizado de Física com apoio das TDIC, sobretudo, pelo prisma das crenças de eficácia pessoal (BANDURA, 1977; 1986). Nesse sentido, foi realizada uma série de análises estatísticas com os dados socioeconômicos e o índice das crenças de autoeficácia para o desempenho em Física provenientes das 286 respostas aos questionários disponibilizados aos estudantes, na intenção de identificar possíveis variáveis que estejam correlacionadas com as convicções para aprender e ter um bom desempenho na disciplina de Física, particularmente.

As análises dos desempenhos desses estudantes nos pré e pós-testes com o HFCI, por um outro lado, revelaram que esses dados continham inconsistências relevantes e, por isso, não fizeram parte das análises de correlação<sup>166</sup>. Mesmo assim, existe farta literatura que verifica a correlação entre desempenho acadêmico ou escolar e o quanto os alunos se sentem capazes de obter êxito nas disciplinas (BOPSIN; GUIDOTTI, 2021; SOUZA, 2007; 2008; ROCHA; RICARDO, 2019; 2021; RODRIGUES; BARRERA; 2007). Os resultados dos desempenhos desses estudantes reforçam a necessidade de se investigar fatores que podem ter influência sobre as crenças de autoeficácia escolar e, conseqüentemente, na motivação dos estudantes.

Para a análise desses dados, foram consideradas as seguintes variáveis independentes: (1) o grupo (Controle ou Experimental); (2) o formato (híbrido ou virtual); (3) o sexo; (4) a cor/raça; (5) a quantidade de aparelhos (celular, computador e notebook) que o estudante tem em sua residência; (6) a renda familiar; (7) se o discente trabalha; (8) a escolaridade do pai; (9) a escolaridade da mãe; e (10) a forma de acesso ao ambiente virtual de aprendizagem. Como variáveis dependentes foram considerados os valores das crenças de autoeficácia inicial e final de cada um dos

---

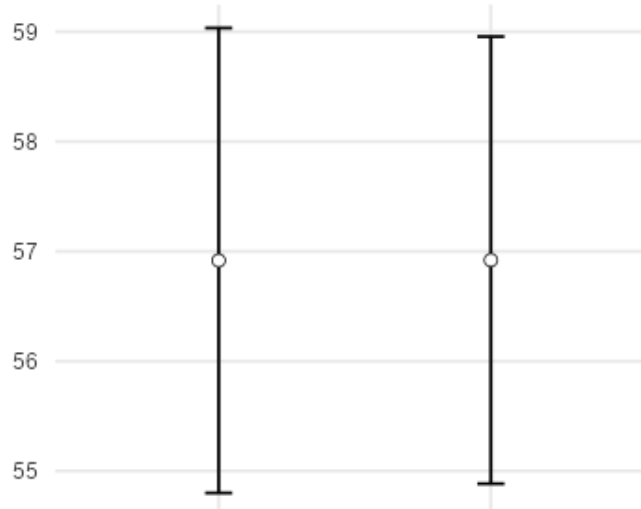
<sup>166</sup> Essa afirmação se baseia nos valores para o alfa de Cronbach dos pré e pós-testes, bem como o teste de Shapiro-Wilk, que demonstrou que esses dados feriam os princípios de normalidade.

estudantes<sup>167</sup>.

Dessa forma, buscou-se aqui examinar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as crenças de autoeficácia inicial e final para o desempenho na disciplina de Física no contexto virtual e remoto, com relação às dez variáveis independente listadas acima. As análises descritas a seguir foram executadas por meio do *software* aberto e gratuito *Jamovi 2.2.5* e adotou-se aqui o valor de significância  $p < 0,05$ . Existem dois objetivos gerais para a realização das análises: (i) buscar evidências do impacto das sequências didáticas aplicadas aos grupos Controle e Experimental; e (ii) investigar tendências nas crenças de autoeficácia dos estudantes em relação as dez variáveis supracitadas.

As crenças de autoeficácia dos estudantes foram mensurada antes e após da intervenção (medições inicial e final). Os resultados das 170 respostas apontam que os níveis de autoeficácia em média foram maiores na medição final ( $57,4 \pm 13,7$ ) quando comparado com a medição inicial ( $57,2 \pm 13,3$ ). Ao considerar que as crenças em relação à disciplina de Física são formadas também no contato com a mesma, buscou-se refletir as intervenções aplicadas, nos moldes propostos, seria capazes de produzir algum efeito sobre suas convicções em relação a desempenhar com sucesso a disciplina. Essas médias podem ser visualizadas na Figura 12, que indica as *médias marginais estimadas* por meio do *Jamovi 2.2.5*.<sup>168</sup>

**Figura 12** - Crenças de autoeficácia iniciais e finais dos 170 estudantes participantes da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

<sup>167</sup> Os testes demonstraram que as medidas das crenças de autoeficácia inicial e final atendem aos pressupostos de normalidade e homogeneidade. A normalidade dos dados foi avaliada pelos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov e o pressuposto da homogeneidade de variância pelo teste Levene.

<sup>168</sup> *Estimated Marginal Means*.



Ao executar um teste *t* de Student de medidas repetidas com o objetivo de avaliar os escores de autoeficácia – antes (medição inicial) e após (medição final) a intervenção – foi possível perceber que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre as médias iniciais e finais das convicções desse total de alunos ( $t(170) = -0,963$ ,  $p = 0,336$ ). Os resultados demonstram que os níveis de autoeficácia foram maiores na medição final ( $M = 57,80 \pm 13,10$ ) quando comparado com a medição inicial ( $M = 57,20 \pm 13,40$ ). O tamanho de efeito da diferença foi baixo ( $d$  de Cohen = 0,0683). Isso também é corroborado pela análise gráfica, conforme a Figura 12, que aponta uma diferença muito pequena nas médias. Nota-se que as barras que representam o intervalo de segurança (adotado como 95%) das crenças autoeficácia final ficaram contidas no intervalo das crenças iniciais. A proximidade dos valores das médias iniciais e finais vistos na Figura 12, além do valor de  $p = 0,997$  reforçam a especificidade e a precisão do instrumento de medida das crenças de autoeficácia (ROCHA; RICARDO, 2019).

Os valores exibidos no Quadro 19 informam que as crenças de autoeficácia dos estudantes do grupo Experimental tiveram, em média, um aumento de aproximadamente 0,5%, e do grupo Controle uma diminuição em torno de 0,2%. Cabe lembrar que as medições iniciais e finais foram realizadas em um intervalo de aproximadamente duas semanas, não cobrindo o período completo da disciplina.

Também foram executadas *Análises de Variância de Medidas Repetidas* (ANOVA-MR) o que possibilitou verificar se havia diferença nos valores das crenças em relação a cada uma das dez variáveis independentes<sup>169</sup>. Constatou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos grupos Controle e Experimental nas medições iniciais e finais das crenças de autoeficácia ao longo do tempo ( $F(170) = 0,271$ ,  $p = 0,603$ ).<sup>170</sup> Pode-se visualizar na Figura 13 o que ocorreu

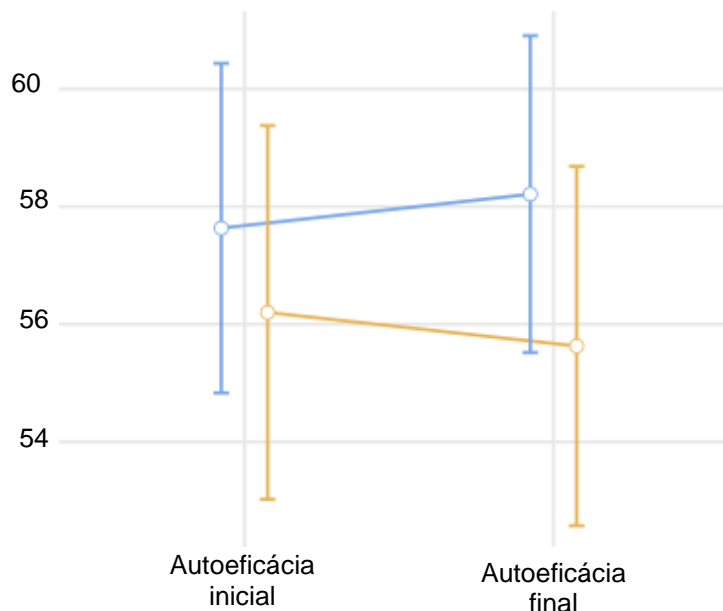
---

<sup>169</sup> Como explicam Rocha e Junior (2018), a ANOVA é um modelo estatístico que verifica se as médias de duas ou mais subpopulações são iguais ou diferentes, mediante duas hipóteses: nula e alternativa. A hipótese nula ( $H_0$ ) é a de que não há diferenças estatisticamente significativas entre as médias. A hipótese alternativa ( $H_1$ ) é que as médias diferem significativamente pelo menos dois subgrupos avaliados. No caso da ANOVA em medidas que se repetem no tempo quatro pressupostos dão validade a este modelo estatístico, a saber: a homoscedasticidade, a normalidade, a independência e a esfericidade em relação às medidas.

<sup>170</sup> Foi realizado também um teste *Post Hoc* para examinar a autoeficácia com relação aos grupos (E e C) e aos formatos (H e V). Os resultados desse teste estão no Apêndice I. Com a Análise de Variância (ANOVA) e o teste complementar *Post Hoc*, foi possível observar que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias iniciais e finais dos estudantes que tiveram aulas nos formatos híbrido e virtual, nem entre os grupos Experimental e Controle. Esses resultados podem ser visualizados no Apêndice I.

nas medições iniciais e finais das crenças nos dois grupos.

**Figura 13** – Medida das crenças de autoeficácia inicial e final dos grupos Experimental (azul) e Controle (Amarelo)



Fonte: Elaboração própria.

A partir da Figura 13, pode-se observar o sutil aumento das crenças de autoeficácia do Grupo Experimental, enquanto as convicções do Grupo Controle diminuíram. Com o objetivo de investigar possíveis diferenças entre o impacto das sequências didáticas (experimental ou controle) em distintos extratos dos estudantes, realizou-se uma ANOVA de *medidas repetidas* das crenças iniciais e finais dos grupos (experimental ou controle) em relação a cada uma das outras dez variáveis independentes no Quadro 20. Em outras palavras, buscou verificar se houve diferenças significativas entre as crenças iniciais e finais nos grupos Controle e Experimental em cada uma dessas variáveis. Os valores de *p* resultantes do cálculo estatístico podem ser vistos no Quadro 20.

**Quadro 20** – Valores de *p* encontrados a partir da ANOVA com medidas repetidas para cada uma das combinações com a variável (1) Grupo

| Autoeficácia Inicial e Final | Variáveis      |                             | p     |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|
|                              | (1) Grupo (CE) |                             |       |
|                              |                | (2) Formato (HV)            | 0,413 |
|                              |                | (3) Sexo                    | 0,513 |
|                              |                | (4) Cor / raça              | 0,059 |
|                              |                | (5) Quantidade de aparelhos | 0,198 |
|                              |                | (6) Renda familiar          | 0,191 |

|  |                        |       |
|--|------------------------|-------|
|  | (7) Trabalho           | 0,298 |
|  | (8) Escolaridade (Pai) | 0,456 |
|  | (9) Escolaridade (Mãe) | 0,156 |
|  | (10) Acesso            | 0,198 |

Fonte: Elaboração própria.

Como é possível notar pelo Quadro 20, a ANOVA não mostrou diferenças significativas entre crenças de autoeficácia inicial e final dos estudantes de cada um dos grupos Controle e Experimental em relação às outras dez variáveis independentes. Dessa forma, o primeiro objetivo dessa investigação foi atingido, pois apesar das médias das crenças desses dois grupos aumentarem (e com mais intensidade no grupo Experimental) como pode ser visualizado na Figura 13, não foi possível distinguir com significância estatística as crenças dos pré e pós-testes desses dois grupos. Isso significa, que no contexto educacional de aplicação desses instrumentos de medida, como descrito durante esta dissertação, não foi possível constatar diferenças estatisticamente significativas entre a intervenção pedagógica experimental e a utilizada como controle.

Nesse sentido, cabe, de forma exploratória, realizar outras análises com o objetivo de verificar a existência de outros fatores que afetam as convicções dos estudantes em aprender Física. No caso desta pesquisa, dado o contexto relatado, foram investigados os fatores socioeconômicos. O que pode ser resumido na seguinte pergunta: *algum fator (socioeconômico) pode relevar-se como relevante para a formação das crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física nesse contexto?* Para isso, e modo semelhante à investigação sintetizada no Quadro 19, foram executadas ANOVA para cada uma das dez variáveis independentes listadas abaixo (Quadro 21) tendo como variável dependente as crenças de autoeficácia (inicial). Isso significa que foram examinadas possíveis existências de diferenças estatisticamente significativas nos escores iniciais das convicções dos estudantes (por meio da análise das combinações uma a uma das 10 variáveis). Para essa finalidade, coube recuperar as 286 respostas do questionário aplicado inicialmente para maior robustez na análise. Assim, realizou-se uma ANOVA com as 286 medidas iniciais das crenças de autoeficácia juntamente com as informações sobre o Grupo (CE), e ao Formato (HV) ao qual o estudante pertencia, e ainda, de oito variáveis socioeconômicas, conforme pode ser visto no Quadro 20. A partir desse procedimento estatístico identificou-se diferenças estatisticamente significativas nas

crenças de autoeficácia inicial em quatro dessas variáveis (2, 3, 6 e 9).

**Quadro 201** – Resumo dos resultados da Análise de Variância (ANOVA) entre a autoeficácia inicial dos 286 estudantes em relação as dez variáveis independentes

| Autoeficácia Inicial | Variável               | F           | p            | $\eta^2$ | Shapiro-Wilk | Levenes |
|----------------------|------------------------|-------------|--------------|----------|--------------|---------|
|                      | (1) Grupo (CE)         | 1,37        | 0,244        | 0,005    | 0,194        | 0,215   |
|                      | (2) Formato (HV)       | <b>6,61</b> | <b>0,011</b> | 0,023    | 0,258        | < 0,001 |
|                      | (3) Sexo               | <b>3,71</b> | <b>0,006</b> | 0,050    | 0,222        | 0,256   |
|                      | (4) Cor / raça         | 0,45        | 0,817        | 0,008    | 0,133        | 0,199   |
|                      | (5) Qtd de aparelhos   | 1,08        | 0,379        | 0,038    | 0,167        | 0,114   |
|                      | (6) Renda familiar     | <b>6,46</b> | <b>0,002</b> | 0,044    | 0,290        | 0,453   |
|                      | (7) Trabalho           | 0,513       | 0,474        | 0,002    | 0,132        | 0,245   |
|                      | (8) Escolaridade (Pai) | <b>2,64</b> | <b>0,034</b> | 0,036    | 0,170        | 0,411   |
|                      | (9) Escolaridade (Mãe) | 1,92        | 0,106        | 0,027    | 0,231        | 0,103   |
|                      | (10) Acesso            | 1,39        | 0,229        | 0,024    | 0,205        | 0,237   |

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, são dados mais detalhes e são tecidos comentários sobre os resultados com significância estatística. Como explicitado anteriormente, as respostas analisadas por meio do *software Jamovi 2.2.5* foram provenientes de estudantes de quatorze turmas do 1º ano do Ensino Médio. Metade desse conjunto de classes participaram das disciplinas no primeiro semestre de 2021 de forma completamente remota. Os estudantes do formato virtual tiveram em média um senso de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física de  $54,2 \pm 10,8$ . No segundo semestre, quando iniciou-se o formato híbrido, alunos de outras sete turmas apresentaram nessa modalidade convicções superiores para sua eficácia:  $58,3 \pm 14,1$ . Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p = 0,011$ ), como está indicado no Quadro 20. Isso é um indício de que no formato virtual os estudantes se sentiam menos capazes para desempenhar a disciplina de Física.

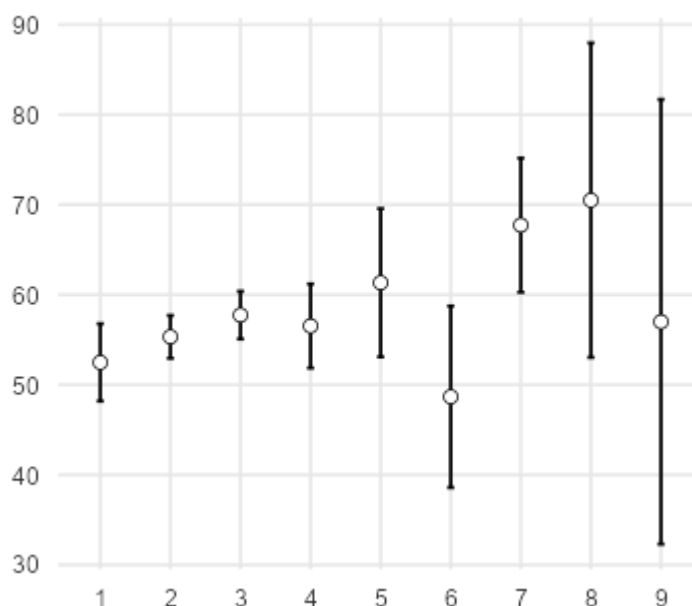
As crenças de autoeficácias que os estudantes demonstraram inicialmente,  $59,5 \pm 12,7$ , eram superiores aos das estudantes:  $54,1 \pm 12,4$ .<sup>171</sup> Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p = 0,006$ ), e isso dialoga com estudos como de Olaz (1997) e Rossi *et al.* (2020), que discutem sobre relações entre o senso de eficácia e gênero. Dentre as diversas tentativas, ao adicionar à ANOVA a variável (4) Cor/raça, surge uma significância ( $p = 0,017$ ), que pôde ser investigada pelo teste *Post Hoc*,

<sup>171</sup> Dois estudantes preferiram não informar seu sexo, por isso, foram excluídos dessa análise.

que foi exibida como uma diferença significativa ( $p = 0,046$ ) entre estudantes pretas e estudantes brancos, tendo uma diferença média de 12% em suas crenças. A variável independente *cor ou raça* não apresentou diferenças estatisticamente significativas nas confiança dos aprendizes quando analisada isoladamente ( $p = 0,806$ ) com as crenças de autoeficácia.

Em relação ao rendimento familiar, os estudante foram separados em nove grupos: (1) Não possui renda mensal; (2) Até 1,5 salários mínimos (até R\$ 1.650,00); (3) De 1,5 até 3 salários mínimos (R\$ 1.650,00 até R\$ 3.300,00); (4) De 3 até 5 salários mínimos (R\$ 3.300,00 até R\$ 5.500,00); (5) De 5 até 7 salários mínimos (R\$ 5.500,00 até R\$ 7.700,00); (6) De 7 até 10 salários mínimos (R\$ 7.700,00 até R\$ 11.000,00); (7) De 10 até 15 salários mínimos (R\$ 11.000,00 até R\$ 16.500,00); (8) De 15 até 20 salários mínimos (R\$ 16.500,00 até R\$ 22.000,00); (9) Mais de 20 salários mínimos (mais de R\$ 22.000,00). A ANOVA permite identificar que a classe (1) e (2) se distinguem de forma estatisticamente significativa ( $p = 0,016$  e  $p = 0,05$ ) de (7). As médias das crenças em relação à faixa de renda familiar estão representadas abaixo, na Figura 14.

**Figura 14** – Crenças de autoeficácia inicial em relação à renda familiar



Fonte: Elaboração própria a partir do *software* Jamovi 2.2.5.

É possível notar que as barras do intervalo de confiança (*confidence interval*) são maiores à direita do gráfico. O grupo (9) corresponde a um único estudante. Com exceção das classes (6) e (9), as médias representas na Figura 14, parecem indicar

uma relação positiva entre as convicções sobre suas capacidades para desempenhar a disciplina de Física e o valor da renda familiar. Isso pôde ser confirmado por um teste de Pearson ( $r = 0,183$ ;  $p = 0,002$ ). Também foi feita uma regressão linear, tendo o teste F indicada ( $p = 0,012$ ) a existência de um modelo significativo<sup>172</sup>. Esses resultados indica que as crenças dos alunos podem, em alguma medida, ser explicadas pela variável preditora ( $R^2 = 0,0334$ ), isto é, pela renda de sua família. Essa regressão linear foi conduzida partindo-se da hipótese que os estudantes participantes da pesquisa fazem parte de um recorte relativamente homogêneo. Isto é, de que a regressão linear foi realizada com significância pois se analisou cuidadosamente a homogeneidade dos grupos. E por isso, parece razoável examinar como as crenças se diferenciam nessas diferentes faixas de renda familiar e se existe indícios de alguma relação ou tendência entre as convicções sobre as próprias capacidades para o desempenho na disciplina e a renda familiar do estudante.<sup>173</sup>

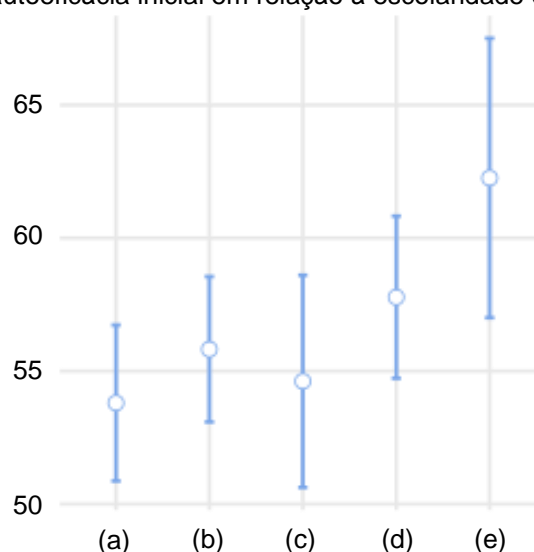
No questionário socioeconômico, os estudantes responderam sobre a escolaridade de seus pais e mães. As convicções dos aprendizes para o seu desempenho na disciplina de Física também se mostraram significativamente relacionadas com o nível de escolaridade do pai ( $p = 0,0324$ ). Para a análise de variância, foram utilizada as cinco categorias: (a) Não sabe a formação do pai ( $53,8 \pm 12,3$ ); (b) Não completou o Ensino Fundamental ( $55,8 \pm 10,7$ ); (c) Não completou o Ensino Médio ( $54,6 \pm 12,3$ ); (d) Não completou o Ensino Superior ( $57,8 \pm 13,8$ ); e (e) Completou o Ensino Superior ou tem Pós-graduação ( $62,3$ ).

---

<sup>172</sup> Por meio do teste de Shapiro-Wilk foi verificada a distribuição normal dos resíduos normalidade ( $p=0,498$ )

<sup>173</sup> Cabe destacar que a regressão logística seria uma análise mais adequada no caso dessa variável categorial. Isso poderá ser desenvolvido em estudos futuros.

**Figura 15** – Crenças de autoeficácia inicial em relação à escolaridade do pai



Fonte: Elaboração própria por meio do *software Jamovi 2.2.5*.

Na Figura 15, ao realizar o teste de Tukey *Post Hoc* foi possível notar que a diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,018$ ) se deu entre as categorias (a) e (e). Foi executada uma regressão linear, o teste F indica ( $p = 0,033$ ) a existência de um modelo significativo também neste caso. O que indica que o nível das crenças dos alunos podem, em alguma medida, ser explicados pela variável preditora ( $R^2 = 0,0364$ ), nesse caso, pela grau de escolaridade de seu pai. Pode-se visualizar na Figura 15 e notar pelos resultados da ANOVA e da regressão linear que existem indícios de que as crenças de autoeficácia de estudantes que não sabem a escolaridade de seus pais ou que têm menor grau de escolaridade são em média menores do que aqueles estudantes no qual os pais têm maior grau acadêmico, especialmente, os de formação em nível superior.

Nessa seção foram apresentadas as principais decorrências da análise das respostas dos alunos ao questionário socioeconômico e aos questionários iniciais e finais sobre suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física. A seguir, na seção 5.4, são delineadas asserções sobre as possibilidades do uso do potente constructo das crenças de autoeficácia na perspectiva da Teoria Social Cognitiva (BANDURA; 1977, 1986) para refletir sobre os processos de ensino e aprendizagem, particularmente, de Física na Educação Básica na interface com as TDIC. Como apontam muitos teóricos do Ensino de Física, a aprendizagem dessa ciência é problemática e, nesse sentido é válida a reflexão sobre a centralidade do processos motivacionais no ensino, sobretudo em contextos educacionais

defavoráveis.

### **5.5 Propostas e Sugestões para Melhoria das Crenças de Autoeficácia entre os Alunos da Educação Básica**

O debate acerca das implicações sociais do acelerado desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação tem ocorrido em uma grande diversidade de campos, no qual, sem dúvida, pode-se incluir o domínio da educação e do ensino de Física. De acordo com Bandura (2017), a comunicação instantânea associada a rede mundial de computadores de nossa era eletrônica tem transformado o lugar, a velocidade, o alcance e a natureza da influência humana. Um grande número de estudiosos têm apontado que a digitalização da sociedade se insere em um contexto amplo de transição social e tecnológica. E que essa nova era da informação tem proporcionado implicações profundas para os sistemas educacionais. Por um outro lado, Bandura (2017, p. 88-89) adverte:

Esta mudança no locus da iniciativa envolve uma grande reorientação na concepção de educação dos alunos nas quais eles são os agentes de aprendizagem, não apenas receptores de informação. [...] As tecnologias de informação são uma ferramenta, não uma panaceia; elas são úteis apenas para aqueles que escolhem usá-las produtivamente. Os tutores da internet podem fazer pouco se os alunos não conseguem se motivar para tirar vantagem do que estes sistemas têm a oferecer.

A mudança no *locus* que Bandura (2017) discute se relaciona às possibilidades que as TDIC proporcionam. As facilidades de se acessar quase instantaneamente uma vastidão de conteúdos e informações por meio de alguns toques na tela de um aparelho. Atualmente, os estudantes podem exercer controle substancial sobre seu aprendizado. Esse é um cenário que traz novos desafios sociais e educacionais. Há um choque com a noção do aluno receptáculo, o qual aprende pelo repasse mecânico de informações – concepção que se aproxima, em alguma medida, das discussões de Freire (1997) sobre a *educação bancária*, e das de Moreira (2017; 2018) quando trata do *ensino tradicional* no contexto da Física. Cabe uma reflexão profunda sobre os desafios contemporâneos da educação e do ensino de Física para verificar como esse aluno receptáculo está, realmente, em desconstrução.

A intersecção entre Educação e Tecnologias Digitais tem obstáculos que precisam ser vencidos. O uso técnico, isto é, o conhecimento das ferramentas e das plataformas, bem como, saber onde e como buscar e filtrar as informações são



desafios contemporâneos, tanto por parte dos estudantes quanto por parte dos professores e outros profissionais da Educação. Essa dimensão é imprescindível e cabe reflexão, em específico acerca da formação universitária e formação continuada. Para Bandura (2017, p. 94), “o desafio está em explorar os benefícios da tecnologia de informação sem abraçar um cognitivismo isolado e desemporporado socialmente.” Nessa perspectiva, esta pesquisa se aproximou do constructo de Coelho, Costa e Motta (2020) que defendem a assimilação das TICs em favor do propósito educativo e não meramente utilitário. Por esse ângulo, pode-se compreender por *letramento digital* as práticas letradas associadas às TDICs e aos ambientes virtuais (COELHO; COSTA; MOTTA, 2020).

Assim, Coelho, Costa e Motta (2021) concebem que o uso das TDIC nos processos educativos tem duas dimensões: o da eficiência da interação homem-máquina, isto é, da *usabilidade técnica* como um dos componentes da utilidade da tecnologia; e a dimensão da *usabilidade pedagógica*, quando articulado aos objetivos educacionais aos aparatos digitais. Dessa maneira, deve-se compreender que o uso tecnológico articulado com a finalidade educacional. Para os autores, ora citados, a *usabilidade pedagógica* é parte do processo de *letramento digital*. No presente trabalho, entende-se que o *letramento digital*, por sua vez, é um dos elementos necessários para a inclusão digital e social (BONILLA, 2009; BONILLA; PRETTO, 2011).

Desse modo, os docentes de Física devem se perguntar: qual é a finalidade pedagógica do ensino e aprendizagem de Física dado um contexto em particular? Qual é o propósito social para, então, utilizar as TDIC? Essas questionamentos devem incentivar os professores a buscar o apoio das TDIC na qualidade da Tecnologia Educativa (TE), em outros termos, sem menosprezá-las ou supervalorizá-las, deve ter como primazia a articulação dos aparatos didigtais com os propósitos pedagógicos e sociais (AKKER, 1999 apud COELHO; COSTA; MOTTA, 2021) . No caso particular do ensino de Ciências e de Física, importa refletir quais são as finalidades pedagógicas do ensino desses saberes, quais práticas e sociedade deseja-se endossar, neste caso, por meio do suporte das tecnologias digitais (FERREIRA; SILVA FILHO, p.43 ).

No contexto desta pesquisa, a finalidade pedagógica foi por um lado, o da tentativa de mitigação dos prejuízos pedagógicos em meio ao Ensino Remoto Emergencial da *Alfabetização Científica* e, por outro lado, o do *letramento digital*, na

medida em que buscou promover o conhecimento elementar das Ciências da Natureza, por meio da Mecânica, na interface com as TDIC. Aqui, parte-se da noção de que o aprendizado de Física, particularmente no enquadramento da *Alfabetização Científica*, é multifacetado, influenciado por aspectos de diferentes naturezas, especialmente, aspectos motivacionais que há muito tempo vem sendo apontados na literatura como fator primordial nos processos de ensino e aprendizagem. Nesta pesquisa, busca-se impulsionar o debate acerca de um dos ingredientes mais importantes para a motivação e, conseqüentemente, da ação humana: as suas crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977; 2008; 2017).

O quadro conceitual fornecido pela TSC (BANDURA, 1986; 2001) oportuniza a compreensão dos impactos das tecnologias comunicacionais pelo prisma da *agência*. O teórico explica:

As pessoas fazem escolhas, motivam e regulam seu comportamento baseadas em sistemas de crenças. Entre os mecanismos de autorregulação, nenhum é mais central ou impactante do que as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977). Este sistema de crença é a fundação da agência humana. A menos que as pessoas acreditem que elas podem produzir resultados desejados elas têm poucos incentivos para agir ou perceberem em face às dificuldades. [...] Os objetivos e aspirações pessoais, enraizadas em um sistema de valores, fornecem incentivos futuros e guias para a ação. [...] A forma como as pessoas veem as oportunidades e obstáculos em seu ambiente molda o curso que suas vidas levam (BANDURA, 2017, p. 84).

O ensino de Física na Educação básica, notadamente nos moldes convencionais – configurado entre outras coisas, por aulas de exposições monológicas, seguidas de lista de exercícios e prova, em um ciclo no qual o estudante tende a ser um receptor passivo, mecanicamente preparado para falhar ou lograr êxito em um teste – é problemático pois, como apontam muitos estudiosos, tende a ser pouco eficiente na promoção da compreensão conceitual dessa ciência e da motivação para o aprendizado (HAKE, 1998; MOREIRA, 2017; 2018; OLIVERA, 2016). Nesse sentido, uma parte relevante da literatura sobre o Ensino de Física tem investigado formas de motivar e melhorar a compreensão dos estudantes, por exemplo, por meio de metodologias ativas (HAKE, 1998; OLIVEIRA, 2016). Parte das obras desse campo tem se apropriado e explorado o constructo das convicções de eficácia pessoal (BOPSIN; GUIDOTTI, 2021; ESPINOSA; ARAÚJO; VEIT, 2020; SELAU *et al.*, 2018; FRAIHA *et al.* 2018, ROCHA; RICARDO, 2021).

Com base nas referências citadas ao longo desta seção, parece justificável

refletir sobre as possibilidades do uso pedagógico das TDIC em associação a metodologias de aprendizagem ativa, como é o do estudo de Silva, Sales e Castro (2019), para engajar, motivar e melhorar o desempenho dos estudantes. Ressalva-se que não se pode pensar nas TICs como uma panaceia, como defende Bandura (2017), visto, por exemplo, que o contexto concreto da presente pesquisa foi o do Ensino Remoto Emergencial, onde a Educação Básica brasileira se viu forçada a adotar as TICs como forma de atenuar os impactos negativos da pandemia. Apesar de singular, esse advento evidenciou os abismos sociais existentes no Brasil e no mundo. Como relatam Gabriel *et al.* (2021), diversos cenários compuseram a conjectura do país entre 2020 e 2021, não sendo raras escolas que se defrontaram com muitos problemas sociais e econômicos. Enquanto em algumas estratos da população se desenvolviam vigorosamente estratégias para o uso de TDIC e AVAs, em outros até mesmo com a “fome” (GABRIEL *et al.*, 2021). Para uma Educação Básica pública de qualidade é necessário combater problemas de diversas naturezas, e nesta investigação, entende-se a centralidade da promoção da *inclusão digital* para a *inclusão social* (BONILLA, 2011).

Nesta pesquisa, desenvolveu-se uma discussão sobre o *design* de uma sequência didática de Mecânica na Educação Básica pública, nas dimensões da *usabilidade técnica e pedagógica* (COELHO; COSTA; MOTTA, 2021), em outras palavras, buscou-se utilizar e proporcionar ferramentas acessíveis aos estudantes com a intencionalidade pedagógica de motivá-los ao aprendizado de Física, mediado pelo constructo das crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977). Nesse sentido, as TDIC se tornam instrumentos poderosos para os docentes, na medida que ampliam as possibilidades para a aprendizagem e a promoção de um sistema de crenças de autoeficácia pedagógica positivas, particularmente no Ensino de Física. A seguir, são delineadas alguns apontamentos sobre alternativas que podem viabilizar melhores convicções de autoeficácia entre os alunos da Educação Básica.

Em uma afirmação potente, Bandura (2017) afirma que o conteúdo da educação inicial podem ser perecíveis, mas capacidades autorregulatórias são duradouras e atuam como fontes para o autodesenvolvimento contínuo. Isso significa que o professor e os alunos devem, no contexto das TDIC, buscar desenvolver habilidades para superação das próprias lacunas. Em outras palavras, devem aprender a buscar, filtrar e examinar criticamente as informações disponíveis para o autodesenvolvimento e a construção de saberes confiáveis.

No caso do ensino de Ciências da Natureza, ou do ensino de Física, se considerarmos, de maneira simples e pragmática, a ciência como uma linguagem, ou seja, uma linguagem no qual descrevemos a *natureza*, uma das funções da escola e do(a) docente é propiciar o entendimento ou a leitura da linguagem científica, como discute Attico Chassot (2003)<sup>174</sup>. Em outros termos, um aprendiz deve orientar-se em aprender a ler a linguagem no qual está escrita a *natureza*, ou como nós, humanos, transitoriamente a descrevemos (CHASSOT, 2003). Nessa perspectiva, deve-se combater práticas no ensino das ciências que se arrastam há décadas no Brasil, em que o quão bom seria um estudante o quanto pudesse acumular informações, como descreve Chassot (2003, p. 90),

Quantas classificações botânicas, quantas famílias zoológicas cujos nomes ainda perambulam em nossas memórias como cadáveres insepultos, quantas configurações eletrônicas de elementos químicos, quantas fórmulas de física sabidas por um tempo – até o dia de uma prova – e depois desejadamente esquecidas.

O que deseja-se aqui é debater a importância de se abordar as incômodas questões: sobre o que é ciência? Por que e como ensiná-la? Especialmente nessa Era informacional, comunicacional e social que vivemos essas são questões muito pertinentes. É endossada, com isso, a perspectiva de Chassot (2003), porque esse prisma entende que a *alfabetização científica* é, dentre outros, um caminho para a *inclusão social*. Como explica Chassot (2003, p. 93), “há uma continuada necessidade de fazermos com que a ciência possa ser não apenas medianamente entendida por todos, mas, e principalmente, facilitadora do estar fazendo parte do mundo.” Mundo esse que está cada vez mais interconectado, dinamizado; e nessa avalanche de informações e estímulos, a escola deve buscar mais do que a reprodução de uma prática falida, mas buscar se (trans)formar.

Nessa perspectiva, considerar as crenças de autoeficácia é primordial. Em certa medida, um curso ou uma sequência didática só pode ser motivadora se atuarem positivamente nas convicções que os aprendizes têm sobre suas capacidades e nas expectativas ao desempenhar as disciplinas. É um tema complexo e transpô-lo em práticas é um desafio.

Por um outro lado, as TDIC podem ser poderosas aliadas dentro dessa problemática. Pergunta-se então: *como utilizar as TDIC para promover as crenças de*

---

<sup>174</sup> Aqui, Chassot (2003) está discutindo o que seria *Alfabetização Científica*.

*autoeficácia escolar, em específico, no contexto da disciplina de Física?* Sem dúvida não há uma resposta única e objetiva para essa pergunta. Mesmo assim, pode-se, como uma primeira aproximação buscar refletir a partir de um contexto concreto de sala de aula sobre a formação das crenças de autoeficácia dos estudantes em questão – e foi isso que este estudo fez ao aplicar duas sequências distintas em quatro diferentes situações (controle remoto; controle híbrido; experimental remoto; experimental híbrido).

Os estudantes quando chegam ao Ensino Médio já possuem um sistema de crenças e de valores que tem influência sobre suas ações, pensamentos e emoções diante de uma disciplina e o presente trabalho buscou evidenciar essas crenças e, em certa medida, transformá-las. Neste capítulo foram discutidos indícios de que as convicções dos estudantes sobre suas capacidades para o aprendizado e desempenho na disciplina de Física se distinguiram de maneira estatisticamente significativa entre: garotos e garotas, especialmente garotos brancos e garotas pretas; entre aqueles que não sabem qual o nível de escolaridade de seu pai e aqueles que sabem que seus pais têm graduação ou pós-graduação; e ainda, dos estudantes provenientes de famílias com menor renda mensal em relação aos de famílias mais abastadas. E por isso, é necessário reforçar que cada grupo de estudantes em seu determinado contexto apresenta demandas particulares.

Nesse sentido, o professor deve investigar as crenças de seus estudantes, para identificar as principais fontes negativas e positivas para suas crenças de autoeficácia. Com base nessas informações, o docente poderá propor uma intervenção, por exemplo, com apoio das TDIC. Por esse motivo, retoma-se nos próximos parágrafos pontos teóricos centrais para essa discussão.

Em primeiro lugar, a autoeficácia é uma crença relativa às convicções do indivíduo sobre suas habilidades em mobilizar suas faculdades (cognitivas, motivacionais e comportamentais) para o desempenho de uma tarefa específica e em um dado contexto (AZZI; POLYDORO, 2006). Por conseguinte, o plano de aula ou a sequência didática deve buscar promover positivamente essas convicções por meio das TDIC, permitindo que as alternativas e rotas formativas possam ser ampliadas. Mais do que designar um material complementar ou compartilhar um *link*, o docente deve buscar instruir o estudante em como sanar suas fragilidades, informando

estratégias de pesquisa, sites e plataformas confiáveis e adequadas, técnica e pedagogicamente<sup>175</sup>.

O que se deseja afirmar, aqui, é que as tecnologias digitais permitem uma maior adaptabilidade. Isso significa que, sob orientação do docente, o estudante pode percorrer caminhos mais ajustados às suas particularidades. O Produto Educacional produzido nesta pesquisa é uma tentativa de explorar as possibilidades das TDIC em um contexto singular. Dessa maneira, o Produto Educacional pode servir como um modelo para ser criticado, adaptado e aperfeiçoado ou, simplesmente, aproveitado como um modelo para se estruturar e aplicar os constructos da Teoria Social Cognitiva (BANDURA, 1986). O Produto Educacional foi construído para a utilização de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com base no que consta em relação aos objetivos de aprendizagem na BNCC (BRASIL, 2018) e no Currículo em Movimento do DF para essa série, o que não impossibilita a sua utilização no Ensino Fundamental, principalmente por apresentar uma contextualização das Ciências da Natureza (DISTRITO FEDERAL, 2014; 2018).

Para tanto, dois aspectos são essenciais de serem levados em conta. Primeiro, a indispensabilidade de partir das necessidades dos estudantes, bem como, do propósito educacional estabelecido. Melhor dizendo, os educadores podem (e talvez devam) investigar as crenças de autoeficácia dos estudantes, o que pode ser feito qualitativamente – por exemplo, por meio de entrevistas como relatados por Selau *et al.* (2018) e Oliveira (2016) – ou quantitativamente – que não raramente é mensurado mediante a aplicação de questionários, como realizado nesta pesquisa e por vários autores, como Rocha e Ricardo (2013; 2014; 2016; 2019) e Carneiro *et al.* (2021).

O segundo aspecto relevante é que as intervenções devem apoiar-se no constructo teórico da TSC, sem o qual a noção de autoeficácia pode ser esvaziada. Em vista disso, é imprescindível compreender que as crenças de autoeficácia são construídas por nós mediante a interpretação que damos as informações provenientes de quatro fontes: (1) as *experiências diretas*; (2) as *experiências vicárias*; (3) a *persuasão social*; e (4) os *estados físicos e emocionais* (AZZY; POLYDORO, 2006).

As *experiências diretas* são as fontes mais importantes de autoeficácia. Por isso, a escola e o professor devem ao máximo, buscar promover experiências diretas

---

<sup>175</sup> Ou seja, no sentido da *usabilidade técnica e pedagógica para o letramento digital* conforme proposto por Coelho, Costa e Motta (2021).

positivas – ou seja, proporcionar atividades que os estudantes possam ter êxito e que serão capazes de realizar nos percursos necessários para atingir os resultados esperados. Na sequência didática proposta nesta pesquisa, tentou-se promover experiências diretas positivas ao proporcionar atividades com *feedback* instantâneo, com o objetivo de que os estudantes pudessem, ao realizar as tarefas, receber orientações/explicações específicas sobre a questão e o conteúdo, e talvez, possibilitando maior êxito do aluno e, assim, uma interpretação mais positiva sobre sua capacidade em aprender Física e responder aos exercícios.

As informações obtidas por meio da *observação* de modelos sociais, isto é, as *experiências vicárias* compõem a segunda fonte mais relevante. Esse aspecto ficou particularmente prejudicado no contexto no Ensino Remoto Emergencial por conta do isolamento social. Entretanto, Bandura (2008) deixa claro que a aprendizagem vicariante ocorre por meio de modelos sociais, verbais e pictóricos. Assim, mesmo virtualmente, é possível proporcionar o contato dos discentes com uma grande variedade de modelos. Tanto as *experiências vicárias* quanto a *persuasão social* foram afetadas no contexto da pandemia. Não ocorrem as mesmas percepções e interações quando se incentiva um estudante mediante uma conversa presencial, em comparação, por exemplo, com uma mensagem textual postada em um mural eletrônico. Da mesma forma, é importante a interação entre os estudantes, como apontam vários trabalhos citados ao longo deste capítulo. E ainda, o ensino escolar (em especial, o de Física) deve evitar ser um causador frequente de estresse, ansiedade, depressão, medo e outros estados psicoemocionais nocivos, quando exacerbados. O bem-estar é, ou deveria ser, algo almejado no ensino e no processo de aprendizagem como um todo. Por um outro lado, pode-se pensar que esses estados atuam negativamente nas crenças de autoeficácia acadêmica, o que tem implicações severas na vida do estudante. Esses são os apontamentos que alçamos com os resultados obtidos ao longo desta pesquisa.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo foi discutido brevemente sobre o desafiador panorama vivenciado pelos educadores no mundo e no Brasil – e conseqüentemente, na rede pública de ensino do Distrito Federal – durante o período pandêmico no biênio 2020-2021. Com a necessidade sanitária de isolamento social estabelecida a partir de março de 2020, o cenário educacional no país foi dramático, afetando de forma desigual os diferentes estratos sociais. Como forma de tentar atenuar retrocessos educacionais por motivo da pandemia, a rede pública de ensino do Distrito Federal – de modo semelhante às demais unidades federativas brasileiras – passou, após longo período de estagnação, a realizar atividades pedagógicas virtualmente, ou seja, de forma plenamente remota e, posteriormente, de forma híbrida (presencial e remota).

A atividade educacional no país durante o contexto de crise sanitária, se balizou por normas oficiais que foram sendo estabelecidas nas esferas federais, estaduais (ou distrital) e municipais. Sínteses das principais normativas federais e do Distrito Federal foram apresentadas no Capítulo 1 desta dissertação e compiladas nos Apêndice A e Apêndice B. Por intermédio das TDICs, o Distrito Federal, em concordância com o que foi disposto no cenário nacional, adotou um ambiente virtual de aprendizagem no qual as turmas escolares, anteriormente presenciais, passaram a frequentar dificultosamente. Nessa circunstância, a presente pesquisa, de forma *translacional*, se desenvolveu com a perspectiva de oferecer um curso introdutório de Física para estudantes do 1º ano do Ensino Médio. Nesse referido curso, cerca de 25% dos alunos acessaram a disciplina via computador ou notebook, enquanto os demais (cerca de 75%) por meio de um celular (*smartphone*).

Percebeu-se, assim, os obstáculos em desfavor do estabelecimento dos processos de ensino e aprendizagem convencionais que requereram uma reflexão ampliada, por vezes necessitando extrapolar os problemas de caráter cognitivo ou conceitual. Isso significa que, neste contexto de limitações impostas de diferentes naturezas, como a precária disponibilidade de recursos tecnológicos para aulas nos formatos virtual e híbrido, os aspectos motivacionais e emocionais constituíram fatores predominantes na Educação durante a pandemia, particularmente, no âmbito das turmas acompanhadas durante a investigação.

Nesse sentido, nesta pesquisa, foram examinadas, de forma sistemática (MARIANO; ROCHA, 2017), obras da literatura nacional dos últimos cinco anos,



principalmente, aquelas que desenvolveram estudos acerca da associação de tecnologias digitais ao ensino de Física, e com uso de *smartphones*. Nenhum dos trabalhos encontrados tratavam dessa temática no contexto do Ensino Remoto Emergencial, assim, espera-se que essa seja uma das contribuições deste estudo. Por um outro lado, foi encontrado, analisado e descrito nesta dissertação, um volume ainda tímido de pesquisas que trataram do tema da motivação dos estudantes na Educação Básica, particularmente, tendo como aporte teórico a perspectiva socio-cognitivista. De acordo com isso, o objetivo geral da presente pesquisa foi o de investigar, de forma exploratória, as crenças de autoeficácia (BANDURA, 1977; 2001) de um conjunto de estudantes do Ensino Médio da rede pública do Distrito Federal – e isso foi cumprido.

A literatura científica nacional e internacional vem demonstrando a produtividade dos constructos da Teoria Social Cognitiva (1986; 2017), na qual as crenças de autoeficácia figuram com centralidade nessa perspectiva. Isso demonstra o relevante poder preditivo das ações, dos pensamentos e dos sentimentos dos aprendizes, o que influencia em diversos aspectos da trajetória escolar. A literatura de diversas áreas, particularmente a educacional, tem demonstrado que essas convicções se associam: (i) a quantidade esforços depreendidos pela pessoa em uma determinada tarefa; (ii) a sua persistência diante obstáculos; e (iii) a quantidade de estresse, ansiedade e depressão experienciadas pelos indivíduos; (iv) o desempenho acadêmico; e até mesmo, (v) as escolhas ocupacionais; e (vi) as escolhas metodológicas adotadas pelos docentes. Nesse sentido, o constructo da TSC se configura como um aporte teórico apropriado e potente para refletir sobre as motivações dos estudantes do Ensino Médio, por intermédio de suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física nos formatos virtual e híbrido.

De um modo geral, esta pesquisa teve como horizonte responder o seguinte questionamento: *como promover um curso ou sequência didática de Física mediado por TDICs e capaz de, dentro do contexto da Educação Pública brasileira, evitar os problemas do criticado ensino tradicional de Física, ao mesmo tempo em que atua positivamente sobre as crenças de autoeficácia discente e, assim, possivelmente influenciando seus desempenhos?* Partindo-se dessa pergunta, foram propostas e examinadas por meio de pré e pós-testes duas sequências didáticas, Experimental e Controle, que apresentaram a Mecânica Newtoniana inserida no contexto histórico e conceitual das Ciências da Natureza. Essas propostas foram examinadas na tentativa

de identificar indícios das repercussões do uso de vídeos explicativos com figuras animadas associado à atividades com *feedback* em vídeo no: (a) desempenho discente em uma avaliação conceitual de mecânica newtoniana (HFCl); e (b) nas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física (ver Apêndice E). Nesse sentido, não tentou-se avaliar toda a metodologia da disciplina, mas somente elementos específicos utilizados durante as duas etapas de uma sequência didática (ver Apêndice C).

A partir do desempenho dos estudantes nos pré e pós-testes no *Half-Lengh Force Concept Inventory* (Han *et al.*, 2015) disponibilizados na plataforma digital e respondida por 170 estudantes, foram obtidas os valores de *ganho normalizado percentual médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7E} = -0,008 \pm 0,008$  DP e  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7C} = -0,028 \pm 0,063$  DP, nos grupos Experimental e Controle, respectivamente. Esses resultados indicam um *ganho médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle$  negativo nos dois casos, porém, a *perda* do grupo Controle foi cerca de 3,7 vezes maior. Com o objetivo de comparar também os formatos híbrido e virtual, calculou-se de maneira semelhante os ganhos  $\langle\langle g \rangle\rangle$  atingidos nessas amostras de estudantes. Assim, os valores de *ganho normalizado percentual médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle$  foram:  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7H} = 0,008 \pm 0,013$  DP e  $\langle\langle g \rangle\rangle_{7V} = -0,043 \pm 0,042$  DP, para os formatos Híbrido e Virtual, respectivamente. Isso indicia um *ganho médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle$  positivo no formato Híbrido e negativo no Virtual, de modo que o *ganho médio*  $\langle\langle g \rangle\rangle$  no formato Híbrido foi cerca de 5,6 vezes superior que na modalidade Virtual.

Esses resultados não devem ser interpretados sem considerar o contexto pandêmico e a gradual desistência dos estudantes ao longo dos semestres letivos. As respostas do pré e pós-testes apresentam valores inapropriados de confiabilidade, o que indicou uma baixa fiabilidade desses dados. E por esse motivo, optou-se por não investigar correlações do desempenho com outras variáveis, pela fragilidade dos dados apresentados nos pré e pós-testes. Os resultados podem ser indícios de que os estudantes tiveram maior aproveitamento, ou pelo menos, menor *perda*, no formato Híbrido e no grupo Experimental. Mesmo assim, ao comparar esses valores com os valores encontrados na literatura, há falta de confiabilidade nos itens aqui analisados. Nota-se que os resultados dos pré e pós-testes de mecânica newtoniano apresentaram uma variação muito pequena, corroborando a hipótese de que não foi possível identificar, com clareza, o impacto das sequências didáticas na compreensão acerca do movimento newtoniano.

Com relação às crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de

Física, os 170 estudantes que participaram das medições iniciais ( $57,2 \pm 13,7$  DP) e finais ( $57,4 \pm 13,2$  DP) apresentaram uma pequena variação nas médias de suas convicções, não apresentando diferença estatisticamente significativa entre esses valores ( $p = 0,786$ ). O Grupo Experimental exibiu um aumento de cerca de 0,5% entre a média inicial ( $58,2 \pm 14,1$  DP) e final ( $58,8 \pm 14,9$  DP). Quanto às suas convicções em relação à sua performance em Física, essa diferença não foi estatisticamente significativa ( $p_{\text{Tukey}}=0,945$ ). Em contrapartida, o Grupo Controle teve uma diminuição de cerca de 0,2% no valor médio de suas crenças iniciais ( $56,1 \pm 13,1$  DP) e finais ( $55,9 \pm 10,9$  DP), diferença sem significância estatística ( $p_{\text{Tukey}}=0,997$ ). Dessa forma, pode-se concluir que, apesar do aumento da média das crenças de autoeficácia do Grupo Experimental e da diminuição na média das crenças de autoeficácia do Grupo Controle, não se pode afirmar que essas variações foram estatisticamente significativas, assumindo o grau de confiança de 95%.

Mesmo assim, esses achados contribuem para investigações ulteriores, porque apontam métodos e processos que precisam ser realizada para se confirmar ou não esses resultados acerca do objeto examinado nesta pesquisa. Esta pesquisa apresenta, um modelo de estudo experimental no Ensino de Física. Além disso, um modelo *translacional*, pois busca suporte nas formulações teóricas para uma tradução à prática escolar. Acrescenta-se que o desafio desta pesquisa foi buscar examinar não o impacto de uma sequência didática, mas dos elementos específicos em um curto período. Salienta-se que em um contexto mais favorável e controlável<sup>176</sup>, isto é, com menos fontes de erros, ou simplesmente com um número maior de estudantes participantes, os resultados seriam mais precisos e conclusivos. O tempo de aplicação foi relativamente curto, pois tentou-se verificar o *ganho percentual normalizado*  $\langle g \rangle$  e a variação da média das crenças de autoeficácia com cerca de duas semanas de diferença. Essas são algumas das limitações desta pesquisa. Mesmo assim, a problematização sobre as possibilidades e complexidades da modificação das crenças de autoeficácia no Ensino também pode ser considerada uma contribuição para esse campo de pesquisa.

A presente pesquisa, em seu percurso, suscitou uma série de questões e

---

<sup>176</sup> Aqui, consideramos que aplicar atividades e testes pré ou pós em uma sequência didática em sala de aula é mais controlável. Diferentemente dos alunos no período emergencial, não foram regulados os horários de resposta, o dia, o local, entre outros diversos parâmetros durante a coleta de respostas dos 170 estudantes respondentes.

possibilidades de novas aplicações e desenvolvimentos. Nesse sentido, foi considerado pertinente a verificação do impacto de todo um curso no qual se utilizaram vídeos explicativos com elementos pictóricos (imagens, filmagens, animações, etc) em associação a atividade com *feedback* imediato. Investigações dessa natureza podem ser importantes para refletir sobre quais elementos de uma sequência didática merecem mais ou menos atenção, oferecendo maiores ou menores influências sobre o aprendizado e outros parâmetros dos estudantes<sup>177</sup>. A partir das reflexões desenvolvidas ao longo do texto, espera-se motivar o debate sobre o uso das TDICs no Ensino de Física, sobretudo no contexto da Educação Pública.

Outro aspecto relevante a ser abordado futuramente é sobre a sequência didática proposta. Ao longo do trabalho, apontamos que a sequência didática proposta foi relativamente acessível e flexível, o que possibilita sua utilização por qualquer estudante que tenha um *smartphone* de configurações simples, podendo assim, ser facilmente adaptada para outros formatos. Por exemplo, uma possibilidade seria a investigação da articulação entre metodologias ativas e as estratégias aqui adotadas com as TDIC.

De forma exploratória, também foram realizadas *Análises de Variância* (ANOVA) para verificar possíveis correlações, estatisticamente significativas, entre as crenças de autoeficácia e as características socioeconômicas dos alunos. Isso foi de encontro há hipótese, já presente na literatura, que questões sociais e econômicas relacionam-se com as crenças de autoeficácia das pessoas. Assim, neste estudo, preocupou-se em investigar fatores que influenciassem as crenças de autoeficácia de estudantes secundaristas, o que, por sua vez, os afeta em diversos aspectos acadêmicos. Para isso, foi utilizado um questionário aplicado antes da intervenção proposta, retornando 286 respostas que forneceram os dados para as análises estatísticas. Foram cruzadas com a variável independente (crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física) dez variáveis independentes, a saber: (1) o grupo (Controle ou Experimental); (2) o formato (híbrido ou virtual); (3) o sexo; (4) a cor/raça; (5) a quantidade de aparelhos (celular, computador e notebook) que o estudante tem em sua residência; (6) a renda familiar; (7) se o discente trabalhava;

---

<sup>177</sup> Esclarecemos que não se deseja aqui propor que todos os cursos de Física necessitem de imagens, vídeos e outros recursos audiovisuais, além de *feedback* nas atividades, mas, que em alguma medida, a reflexão sobre esses dois elementos, em específico, possam contribuir com debate acerca das possibilidades educacionais dessa ciência com as TICs, especialmente em formatos Híbridos e Virtuais.

(8) a escolaridade do pai; (9) a escolaridade da mãe; e (10) a forma de acesso ao ambiente virtual de aprendizagem.

Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nas crenças de autoeficácia dos 286 estudantes em quatro dessas variáveis. Em outras palavras, foram indiciados efeitos significativos estatisticamente quanto a essas variáveis:

- (2) Formato ( $F(2, 286) = 6,61, p = 0,011, \eta^2 = 0,023$ );
- (3) Sexo ( $F(2,286) = 3,71, p < 0,001, \eta^2 = 0,050$ );
- (4) Renda familiar ( $F(8,286) = 6,46, p = 0,002, \eta^2 = 0,044$ );
- (6) Escolaridade do pai ( $F(5, 286) = 2,64, p = 0,034, \eta^2 = 0,036$ ).

As sete turmas que participaram no Formato Virtual, durante o 1º semestre de 2021, apresentaram um valor médio para as crenças de autoeficácia de  $54,2 \pm 10,8$ , enquanto as outras sete turmas que responderam ao questionário no Formato Híbrido exibiram convicções, em média, aproximadamente 5% maiores, isto é,  $58,3 \pm 14,1$ . Essa diferença foi estatisticamente significativa ( $p = 0,011$ ), como está indicado no Quadro 20. Isso é um indício de que no formato virtual os estudantes se sentiam menos capazes para desempenhar a disciplina de Física. O *ganho percentual normalizado médio* <<g>> também foi maior no formato híbrido. Esses resultados indicam que houve um aproveitamento maior da disciplina no formato híbrido em relação ao formato virtual durante o período letivo de 2021.

Os estudantes (sexo masculino) demonstraram em média convicções de  $59,5 \pm 12,7$ , cerca de 6% superiores ao valor apresentado pelas estudantes (sexo feminino):  $54,1 \pm 12,4$ . Essa diferença foi significativa ( $p < 0,001$ ). Dentre as diversas tentativas de encontrar resultados significativos, ao adicionar a variável cor/raça, foi encontrada uma diferença significativa ( $p = 0,047$ ) entre garotas pretas e garotos brancos, com uma diferença média de cerca 12% entre suas crenças iniciais. Essa diferença é mais destoante encontrada no cruzamento entre as variáveis independentes neste estudo. Trazendo à tona algumas perguntas, como: por que estudantes negras apresentam convicções piores que estudantes brancos? Quais são as repercussões disso e o que pode ser feito?

Relativo ao rendimento familiar, os estudante foram separados em nove grupos. O teste *Post Hoc* possibilitou verificar que as diferenças significativas eram entre, de um lado, as categorias (1) Não possui renda mensal e (2) Até 1,5 salários mínimos (até R\$ 1.650,00) e, de outro, a categoria (7) De 10 até 15 salários mínimos (R\$ 11.000,00 até R\$ 16.500,00). Ou seja, no teste *Post Hoc* ANOVA, foi possível

identificar que as categorias (1) e (2) se diferenciavam de forma estatisticamente significativa ( $p = 0,016$  e  $p = 0,05$ ) de (7). Por meio de uma regressão linear, o teste F indicou ( $p = 0,012$ ) a existência de um modelo significativo. Os resultados sinalizam que as crenças dos alunos podem, em alguma medida, ser explicadas pela renda familiar do estudante ( $R^2 = 0,0334$ ).

De modo semelhante, notou-se um efeito estatisticamente significativo com relação ao senso de eficácia pessoal dos aprendizes para desempenho da disciplina de Física e o nível de escolaridade do pai ( $p = 0,034$ ). Para a análise de variância, foram utilizadas as cinco categorias, contudo a diferença significativa foi entre os estudantes que marcaram a resposta (a), isto é, que não sabia a formação do pai ( $53,8 \pm 12,3$ ) em relação aos que responderam (e), em que o pai completou o Ensino Superior ou tinha Pós-graduação ( $62,3 \pm 12,3$ ). Essa diferença corresponde à aproximadamente 10% na escala das crenças de autoeficácia. Uma regressão linear indicou, por meio do teste F ( $p = 0,033$ ), a existência de um modelo significativo que, nesse caso, o nível das crenças de autoeficácia dos alunos aponta, em alguma medida, que as crenças podem ser *explicadas* pelo grau de escolaridade do ente paterno ( $R^2 = 0,0364$ ).

De acordo com os resultados encontrados nesta pesquisa, considera-se que os objetivos do estudo foram atingidos, pois: (1) foram revisitados obras da literatura especializada sobre os temas propostos no Capítulo 1 desta dissertação (Ensino de Física, Crenças de Autoeficácia e TDIC); (2) foram propostos e examinados elementos que constituíram parte de uma sequência didática para o ensino de Mecânica no contexto das Ciências da Natureza; (3) foi discutido brevemente sobre o uso de TDIC para a promoção das crenças de autoeficácia; e (4) foram investigadas as crenças de autoeficácia para a performance da disciplina de Física de 286 estudantes no contexto do Ensino Remoto Emergencial. As análises realizadas no percurso desta pesquisa exibiram que o instrumento de mensuração das crenças de autoeficácia adaptado de Rocha e Ricardo (2019) apresentou indícios de confiabilidade e validade, o que em estudos ulteriores, esses dados poderão ser mais profundamente avaliados e mais detalhes acerca deste instrumento poderão ser evidenciadas.

Com isso, foram produzidas informações que necessitam ser investigadas, a saber: (i) as estudantes apresentaram convicções menores que os estudantes, principalmente, as alunas pretas com relação aos alunos brancos; (ii) as crenças dos educandos que não sabem a escolaridade de seus pais se diferenciam

consideravelmente daqueles que têm pais com formação em nível superior; (iii) de maneira similar, aprendizes com renda familiar menor, também apresentaram crenças mais baixas em relação a estudantes com renda familiar; ainda; (iv) os estudantes se sentiram mais confiantes durante o Ensino Remoto Emergencial no formato híbrido, em comparação com o formato completamente remoto. Outros estudos devem ser realizados, por exemplo, com viés qualitativo para examinar tendências acerca das fontes das crenças de autoeficácia discente. Deve-se, posteriormente, tentar compreender como os estudante vieram a interpretar suas experiências de modo a estabelecer crenças que moderam suas ações, pensamentos e sentimentos. Destaca-se que essas crenças participam fulcralmente de seus processos motivacionais para o ensino e o aprendizado, em particular, do de Física.

Dessa forma, espera-se ter contribuído com a área, ainda pouco explorada, com um debate acerca da motivação escolar, especialmente para o aprendizado de Física. Suscitou-se, nesta investigação, a reflexão de que existem aspectos relevantes que afetam a motivação dos estudantes para a performance da disciplina de Física e, particularmente nos formatos híbridos e virtuais, bem como de seus desempenhos em instrumentos avaliativos. No caso desta investigação, indícios foram observados no que diz respeito ao fatores socioeconômicas (como o sexo, a cor ou a raça, a renda familiar e escolaridade do pai e o formato de ensino), os quais apresentaram-se como variáveis relevantes para a formação das convicções dos estudantes com relação à disciplina de Física na Educação Básica – eis os contributos desta pesquisa. Em suma, aqui, cumpriu-se o papel de (in)formar que o Ensino de Física precisa ser motivado e motivador, tanto nas crenças de autoeficácia de seus alunos, quanto nas práticas didático-pedagógicas aplicadas pelos docentes, sobretudo aquelas que se relacionam às tecnologias digitais.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMO, G.; D'ANGELO, C. A. Evaluating research: from informed peer review to bibliometrics. **Scientometrics**, v. 87, n.3, p. 499-514, 2011.
- AGUIAR, João Serapião de. Aprendizagem observacional. **Revista de Educação**, v. 3, n. 5, p. 64-68, 1998.
- ALCANTARA, M. Para evitar reprovação em massa nas escolas públicas do DF, governo flexibiliza regras. **Metrópolis**, 2021. Disponível em: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/para-evitar-reprovacao-em-massa-nas-escolas-publicas-do-df-governo-flexibiliza-regras> Acesso em: 10 dez. 2021.
- ALVES, Míriam Fábila; TOSCHI, Mirza Seabra; FERREIRA, Neusa Sousa Rêgo. A expansão dos colégios militares em Goiás e a diferenciação na rede estadual. **Retratos da Escola**, v. 12, n. 23, p. 271-288, 2018.
- ALMEIDA, Alfredo M. A Integral de Caminhos: Uma Ponte entre a Mecânica Quântica e a Mecânica Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.
- ANJOS, ADILSON DOS. Planejamento de experimentos I. **Universidade Federal do Paraná. Curitiba**, p. 98, 2005. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~aanjos/CE213/apostila.pdf> Acesso em: 15 mar. 2022.
- ARAÚJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis**. v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.
- ARENAS, J. G.; GARCÍA, R. C.; ESPASANDIN, F. B. Aproximación empírica sobre el análisis de la literatura de alianzas estratégicas. In: **Proceedings of X International Conference of AEDEM**, Chania, Grécia. 2001.
- ARROYO, M. G. Políticas educacionais e desigualdades: à procura de novos significados. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1381-1416, Dez. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-73302010000400017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302010000400017) &lng=en&n rm=iso. Acesso em: 15 mar. 2022.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. **Lisboa: Plátano**, v. 1, 2003.
- AZZI, R. G.; POLYDORO, S. A. J. **Auto-eficácia em diferentes contextos**. Campinas: Alínea, 2006.
- AZZI, R.G. Mídias, transformações sociais e contribuições da teoria social cognitiva. **Psico**, v. 41, n. 2, p. 252-258, 2010.



AZZI, R. G.; BANDURA, A.; POLYDORO, S.A. J. **Teoria social cognitiva**. São Paulo: Artmed, 2008.

BANDURA, A.; WALTERS, R. H. **Social learning and personality development**. New York: Holt Rinehart and Winston, 1963.

BANDURA, Albert; ROSS, Dorothea; ROSS, Sheila A. Imitation of film-mediated aggressive models. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**, v. 66, n. 1, p. 3, 1963.

BANDURA, A. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological review**, v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.

BANDURA, A. Perceived Self-Efficacy in Cognitive. Development and Functioning. **Educational Psychologist**, v. 28, n. 2, p. 117-148, 1993

BANDURA, A. National Inst of Mental Health. **Social foundations of thought and action: A social cognitive theory**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1986.

BANDURA, A. **Self-efficacy: the exercise of control**. New York: W. H. Freeman, 1997.

BANDURA, A. Moral disengagement in the perpetration of inhumanities. **Personality and social psychology review**, v. 3, n. 3, p. 193-209, 1999.

BANDURA, A. Social cognitive theory: An agentic perspective. **Annual review of psychology**, v. 52, n. 1, p. 1-26, 2001.

BANDURA, A. A evolução da teoria social cognitiva. **Teoria social cognitiva: Conceitos básicos**, p. 15-41, 2008.

BANDURA, A. A crescente primazia da agência humana na adaptação e mudança na era eletrônica. **Teoria social cognitiva: diversos enfoques. Campinas: Mercado de Letras**, p. 83-128, 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BARROSO, F. F. et al. Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2017.

BARROSO, R. R; OLIVEIRA, A. L. de; JESUS, Vitor Luiz de. Simulação da detecção de exoplanetas pelo método do trânsito utilizando o pêndulo cônico e o smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

BASNIAK, M. I.; SOARES, M.T. C. O ProInfo e a disseminação da Tecnologia Educacional no Brasil. **Educação Unisinos**, v. 20, n. 2, p. 201-214, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, Si. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos.

BOPSIN, G. B.; GUIDOTTI, C. Crenças de autoeficácia: uma revisão de literatura no contexto do ensino de física. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 33, n. 1, p. 7-19, 2021.

BONILLA, M. H. S. Inclusão digital nas escolas. **Educação, direitos humanos e inclusão social: histórias, memórias e políticas educacionais**. João Pessoa: Editora universitária da UFPB, v. 1, p. 183-200, 2009.

BONILLA, M. H.S.; PRETTO, N. D. L. (org.). **Inclusão digital: polêmica contemporânea**. Salvador: EDUFBA, 2011.

BONILLA, M. H. S.; OLIVEIRA, P. C. S. de. Inclusão digital: ambiguidades em curso. **Inclusão digital: polêmica contemporânea**. Salvador: EDUFBA, v. 2, 2011.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507-545, 2011.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, LDB. Nº 9.394, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. **Nota de Esclarecimento**, Conselho Nacional de Educação. 2020a. Disponível em: <https://www.consed.org.br/storage/download/5e78b3190caee.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

BRASIL. **Parecer Nº 5**, Conselho Nacional de Educação. 2020b. Disponível em: [https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE\\_PAR\\_CNECPN52020.pdf?query=covid](https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_PAR_CNECPN52020.pdf?query=covid). Acesso em: 15 mar. 2022.

BRASIL. **Lei Nº 14.040**. 2020c. Estabelece normas educacionais excepcionais a serem adotadas durante o estado de calamidade pública reconhecido pelo Decreto Legislativo nº 6, de 20 de março de 2020; e altera a Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14040.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14040.htm) Acesso em: 15 mar. 2022.

BZUNECK, J. A. As crenças de auto-eficácia e o seu papel na motivação do aluno. **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**, v. 2, p. 116-133, 2001.

BZUNECK, J. A. As crenças de autoeficácia e o seu papel na motivação do aluno. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (orgs). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 4 ed. Petrópolis: Vozes, 2009, p. 116-133.

BZUNECK, J. A. A qualidade motivacional e uso de estratégias de aprendizagem no estudo de Física em cursos superiores. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 519-535, 2015.

CAMPOS, A.; RICARDO, É. C. A natureza da região celeste em Aristóteles. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, 2014.

CARNEIRO, T. C. J. et al. Modelo 3M de motivação e personalidade aplicado à persistência discente em cursos a distância. **Gestão e Sociedade**, v. 15, n. 43, p. 4582-4619, 2021.

CARVALHO, A.; SASSERON, L. H. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, p. 43-55, 2018.

CASTRO, J. A. de. Evolução e desigualdade na educação brasileira. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 30, n. 108, p. 673-697, out. 2009.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

COELHO, P. M. F; COSTA, M. R. M; MOTTA, E. L. O. Formação de professores e integração pedagógica das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC): da usabilidade técnica ao letramento digital. **EccoS–Revista Científica**, n. 58, p. 11014, 2021.

COLETTA, V.; PHILLIPS, J.; STEINERT, J. Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores, **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.** v.3, n.1, ed. 010106, 2007.

CORREA, P. R; CRUZ, R. G.. Meta-análisis sobre la implantación de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP). **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 2, n. 3, p. 245-273, 2005.

CORRÊA, N. N. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. de M. Metacognição e as relações com o saber. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, p. 517-534, 2018.

COSTA, M. R. M; SOUSA, J. C. Desafios da educação e das tecnologias de informação e comunicação durante a pandemia de Covid-19: problematizando a transmissão de aulas assíncronas nos canais de televisão aberta e o uso da internet para fins didático-pedagógicos. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 55-64, ago. 2020.

COSTA, A. E. B. da. Modelação. In: BANDURA, A.; AZZI, R. G; POLYDORO, S.

(org.). **Teoria social cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 123-148.

COSTA, E.R.; BORUCHOVITCH, E. Auto-eficácia e a motivação para aprender: considerações para o desempenho escolar dos alunos. **Autoeficácia em diferentes contextos**. São Paulo: Alínea, p. 87-110, 2006.

COUTINHO, C. P.; LISBÔA, E. S. **Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem**: desafios para educação no século XXI. *Revista de Educação*, v. 18, n. 1, p. 5-22, 2011.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer instruction: Ten years of experience and results. **American journal of physics**, v. 69, n. 9, p. 970-977, 2001.

CRUZ, R. G.; CORREA, P. R. El meta análisis como instrumento de investigación en la determinación y análisis del objeto de estudio. **XVI Encuentro de Profesores Universitarios de Marketing**, p 1-16, 2004.

CUNHA, L. F. F.; SILVA, A. de S.; SILVA, A. P. da. O ensino remoto no Brasil em tempos de pandemia: diálogos acerca da qualidade e do direito e acesso à educação. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 27-37, ago. 2020.

DA SILVA, S. L. L. A primeira Lei de Newton: uma abordagem didática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

DA SILVAA, F. R. *et al.* Crenças de eficácia, motivação e a formação de professores de física. V. 28, n. 1, p. 214-228, 2011.

DAMASIO, F. ; PEDUZZI, L. O. Q. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, 2017.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York: Plenum Press, 1985.

DE JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Videoanálise usando uma câmera trêmula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

DI LACCIO, J. L.; NÚÑEZ, P.; GIL, S. Binary stars simulation using smartphones—A Doppler effect experiment. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

DIAS, I. P. L. **Introdução à mecânica quântica relativística**: a equação de Klein-Gordon. São Carlos. Repositório: UFSCar, 2021.

DINIZ, F. V de S.; SANTOS, C. A. dos. Ensinando atomística com o jogo digital “Em busca do Prêmio Nobel”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Regimento da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal**, Portaria Nº 180, 2019.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto N.º 40.509**. 2020a. Disponível em: [http://www.buriti.df.gov.br/ftp/diariooficial/2020/03\\_Mar%C3%A7o/DODF%20025%2011-03-2020%20EDICAO%20EXTRA/DODF%20025%2011-03-2020%20EDICAO%20EXTRA.pdf](http://www.buriti.df.gov.br/ftp/diariooficial/2020/03_Mar%C3%A7o/DODF%20025%2011-03-2020%20EDICAO%20EXTRA/DODF%20025%2011-03-2020%20EDICAO%20EXTRA.pdf). Acesso em: 15 mar. 2022.

DISTRITO FEDERAL. **DF tem terceiro contrato de internet móvel**. Portal SEEDF. 2020b. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/10/06/df-tem-terceiro-contrato-de-internet-movel/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

DISTRITO FEDERAL. **Gestão estratégica para a realização das atividades pedagógicas no DF**. 2020c. Disponível em: [https://agenciabrasilia.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/gestao\\_estrategica\\_realizacao\\_atividades\\_pedagogicas\\_nao\\_presenciais.pdf](https://agenciabrasilia.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/gestao_estrategica_realizacao_atividades_pedagogicas_nao_presenciais.pdf). Acesso em: 15 mar. 2022.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF). Currículo em movimento do Distrito Federal: ensino médio. Brasília: SEEDF, 2014.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF). Currículo em movimento do Distrito Federal: ensino fundamental: anos iniciais – anos finais. 2. ed. Brasília: SEEDF, 2018.

DISTRITO FEDERAL. **Propostas pedagógicas das escolas do DF**. 2020d. Disponível em: <https://www.educacao.df.gov.br/pedagogico-propostas-pedagogicas-das-escolas/> Acesso em: 15 mar. 2022.

DISTRITO FEDERAL. **Gestão compartilhada**. 2020e Disponível em: <https://www.educacao.df.gov.br/gestao-compartilhada-2/> Acesso em: 15 mar. 2022.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e para o escrito: apresentação de um procedimento, p. 95-128. In.: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

DUTRA, R. de S.; RIBEIRO, L. C.; PORTO, C. M. Oscilador forçado por um pente de Dirac: uma aplicação da transformada de Fourier-Mellin. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2018.

DUTRA, R. S.; RIBEIRO, L. C.; PORTO, C. M. Uma aplicação da dinâmica de uma partícula em uma trajetória predeterminada: o problema do iglu elipsoidal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2018.

ECK, N. J.V.; WALTMAN, L. VOSviewer Manual: Manual for VOSviewer version 1.6. 16. **Leiden: Centre for Science and Technology Studies (CWTS) of Leiden University**, 2020.

EINSTEIN, A. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução por Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1999.

ESPINOSA, T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. Crenças de autoeficácia em aprender Física

e trabalhar colaborativamente: um estudo de caso com o método Team-Based Learning em uma disciplina de Física Básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 69-94, 2019.

FAYOL, M.; BAGNO, M. Numeramento: aquisição das competências matemáticas. **São Paulo: Parábola Editorial**, 2012.

FERREIRA, G. K.; CUSTÓDIO, J. F. Influência do domínio afetivo em atividades de resolução de problemas de física no ensino médio. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 3, p. 363-377, 2013.

FERREIRA, M.; OLAVO, L. S. F.; ARAÚJO, I. M.; MENESES, M. I. R.; SACERDOTE, H. C. S. Pontes conceituais: uma sequência didática para o Eletromagnetismo no Ensino Médio como proposta de introdução à Física Moderna. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 119-137, Brasília, 2019.

FERREIRA, M.; DA SILVA FILHO, O. L. Proposta de Plano de Aula para o Ensino de Física. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2019.

FERREIRA, M. *et al.* Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200057, 2020.

FLOQUET, Sergio *et al.* C\*-Álgebras e a Descrição da Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

FRAIHA, S. *et al.* Atividades investigativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, e4403, 2018.

FREUD, A. The ego and the mechanisms of defense. New York: **International Universities**, 1946.

GARRIDO, Rodrigo Grazinoli *et al.* Pelotão, alto! Militarização como resposta aos casos de violência escolar no Brasil. **RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa**, v. 2, n. 2, p. 94-106, 2018.

GABRIEL, N. S. *et al.* O retorno às aulas no pós-pandemia: estudo de caso e análise comparativa entre o ensino público e o ensino privado. **Terra e Didática, Campinas/SP**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2021.

GOLDSTEIN, H.; POOLE, C.; SAFKO, J.. **Classical mechanics**. 3 ed. 2002.

GOYA, A.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender Física. **Revista Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, v. 12, n. 2, p. 51-57, 2008.

GUIMARÃES, P. C. P. Os novos modelos de gestão militarizadas das escolas estaduais de Goiás. **XXIX Simpósio de História Nacional. Brasília**, 2017.

GUIMARÃES, P. C. P.; LAMOSA, R. A. C. Militarização das escolas da rede estadual de Goiás: a nova onda conservadora. **Revista pedagógica**, v. 20, n. 43, p. 66-80, 2018.

HALLOUN, I. A. ; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. **American journal of Physics**, v. 53, n. 11, p. 1043-1055, 1985.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

HAN, J. *et al.* Dividing the Force Concept Inventory into two equivalent half-length tests. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 11, n. 1, p. 010112, 2015.

HAN, J. *et al.* Experimental validation of the half-length Force Concept Inventory, **Phys. Rev. Phys. Educ. Res.** v. 12, n. 2, ed. 020122, 2016.

HEIDER, F. Psicologia das relações interpessoais. São Paulo: Pioneira. 1970.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Revista Brasileira de Ensino Física**, v. 38, n. 1, ed. 1504, 2016.

HENDERSON, C. Common concerns about the force concept inventory. **The Physics Teacher**, v. 40, n. 9, p. 542-547, 2002.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force concept inventory. **The physics teacher**, v. 30, n. 3, p. 141-158, 1992.

HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T.; HADJIMICHEF, D. Física Quântica na Escola Básica: investigações para a promoção de uma Aprendizagem Conceitual, Histórica e Epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, e20210044, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Síntese de indicadores sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PNAD Contínua TIC 2018**: Internet chega a 79,1% dos domicílios do país. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27515-pnad-continua-tic-2018-internet-chega-a-79-1-dos-domicilios-do-pais>. Acesso em: 15 mar. 2022.

JACOB, A. V. **O desempenho escolar e suas relações com o auto-conceito e a auto-eficácia**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina. Ribeirão Preto: São Paulo, 2001.

KIELT, E. D.; SILVA, S. de C. R. da; MIQUELIN, A. F. Implementação de um

aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de Física com Peer Instruction. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, e4405, v. 39, 2017.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M.. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 1, 2017.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da Aprendizagem**. 5. ed. São Paulo: Ed. Cengage, 2008.

LEITE, W. S. S.; RIBEIRO, C. A. do N. **A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios**. Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación. Bogotá. 2012.

LEITE, Á. E.; GARCIA, N. M. A. A formação inicial de professores e o livro didático de Física: passos e descompassos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, p. 411-430, 2018.

LENART, V. M. et al. Demonstração da geração de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

LEMOS, N. A. **Mecânica analítica**. Editora Livraria da Física, 2007.

LEMOS, A. Prefácio: BONILLA, Maria Helena Silveira; PRETTO, Nelson De Luca. **Inclusão digital: polêmica contemporânea**. Edufba, 2011.

LIMA, A. A. et al. Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20190191, 2019.

LIMA JUNIOR, P. et al. Excelência, evasão e experiências de integração dos estudantes de graduação em Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, e12165, 2020a.

LIMA JUNIOR, P. et al. A Integração dos Estudantes de Periferia no Curso de Física: razões institucionais da evasão segundo a origem social. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, 2020b.

LUNAZZI, J. J. et al. 3D para celular: revivendo um vídeo, e fazendo um estereoscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2018.

MACEDO, G. da S.; ROBERTO JUNIOR, A. J.. Aplicação do Problema Restrito de Três Corpos no estudo do movimento de astros do sistema solar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

MALBOUISSON, L. A. C.; SANTANA, A. E. **Ciência e Sociedade**. 2, 8, 2014.

MARIANO, A. M., CRUZ, R. G., GAITÁN, J. A. Meta análises como instrumento de pesquisa: Uma revisão sistemática da bibliografia aplicada ao estudo das alianças estratégicas internacionais. In Congresso Internacional de Administração-Inovação



Colaborativa e Competitividade. 2011a.

MARIANO, A. M.; GARCÍA CRUZ, R.; GAITÁN, J. A. Meta análises como instrumento de pesquisa: Uma revisão sistemática da bibliografia aplicada ao estudo das alianças estratégicas internacionais. In: **Gestão Estratégica: Inovação Colaborativa e Competitividade. Congresso Internacional de Administração-Inovação Colaborativa e Competitividade**. Servilla: Depósito de Investigación Universidad de Servilla, 2011b.

MARIANO, A. M.; ROCHA, M. S. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In: **AEDEM International Conference**, Reggio Calabria, Itália. p. 427-442, 2017.

MARIANO, A. M.; GOMES, A. F. De O. **Endividamento com cartão de crédito: um estudo exploratório por meio da teoria do enfoque meta analítico consolidado**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, 2017.

MARTINS, M. R.; NEVES, M. C. D.; GARDELLI, D. Conceitos de Força Manifestos nas Falas de Professores de Física. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 27, 2021.

MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T.. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas?. **Laboratório de psicologia**, v. 4, n. 1, p. 65-90, 2006.

MAZUR, E.; HILBORN, R. C. Peer instruction: A user's manual. **Physics Today**, v. 50, n. 4, p. 68, 1997.

MEIRELLES, G. F.; MARIANO, A. M.; BORGES, S. FERNANDES, I. B. TACO, P.Q.G. **Uma revisão bibliométrica sobre cidades inteligentes: aplicação da teoria do enfoque meta analítico consolidado**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, 2017.

MENDONÇA, E. F. Militarização de escolas públicas no DF: a gestão democrática sob ameaça. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação- Periódico científico editado pela ANPAE**, v. 35, n. 3, p. 594, 2019.

MILLER, N. E.; DOLLARD, J. C. **Social learning and imitation**. New Haven, CT: Yale University Press. 1941.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO DISTRITO FEDERAL E TERRITÓRIOS - MPDFT PROEDUC - NOTA TÉCNICA Nº 001/2020. Brasília, 2020. Disponível em: [https://mpdft.mp.br/portal/pdf/unidades/promotorias/proeduc/notas\\_tecnicas/Nota\\_tecnica\\_Proeduc\\_001\\_2020.pdf](https://mpdft.mp.br/portal/pdf/unidades/promotorias/proeduc/notas_tecnicas/Nota_tecnica_Proeduc_001_2020.pdf) Acesso em: 15 mar. 2022.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, J. A.; HENRIQUES, S.; BARROS, D. M. V. Transitando de um ensino remoto emergencial para uma educação digital em rede, em tempos de pandemia. **Dialogia**, n. 34, p. 351-364, 2020.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, suppl. 1, v. 43, e20200451, 2021.

NASCIMENTO, M. M.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Análises multidimensional e Bakhtiniana do discurso de trabalhos de conclusão desenvolvidos no âmbito de um mestrado profissional em ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, p. 181-196, 2017.

NASCIMENTO, M. M.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F.. Uma busca por questões de Física do ENEM potencialmente não reprodutoras das desigualdades socioeconômicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, e3402, 2018.

NASCIMENTO, M. M. et al. Nota técnica Nº 8 - Acesso domiciliar à internet e ensino remoto durante a pandemia. 2020. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/39779/3/RELATORIO\\_AcessoDomiciliarInternet.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/39779/3/RELATORIO_AcessoDomiciliarInternet.pdf). Acesso em: 15 mar. 2022.

NETO, R. S.; LIMA, M. B.; STRUCHINER, M. Crenças de Autoeficácia Docente no Ensino de Física: Uma Análise sobre o Percurso de Formação Docente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 86-103, 2019.

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de física básica: Mecânica**. Editora Blucher, v. 1, 2013.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-OCDE. **Education At Glance**. Brasília: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2020. Disponível em: <http://inep.gov.br/education-at-a-glance> Acesso em: 15 mar. 2022.

OLAZ, F. Autoeficacia, diferencias de género y comportamiento vocacional. **Revista electrónica de Motivación y Emoción**, v. 6, n. 13, p. 86-92, 1997.

OLIVEIRA, T. **Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de autoeficácia: um estudo de caso com o método Team-Based Learning em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo**. 2016. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, T. *et al.* Medidas de autoeficácia discente e métodos ativos de ensino de física: um estudo de caso explanatório. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 29, n. 2, p. 7-20, 2017.

ORENGO, G.; SCHÄFFER, D. Os dados nucleares da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) como aporte científico no Ensino de Física Nuclear. **Revista**

**Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2019.

ORTIZ, J. De L. da R.; KRAUSE, J. C.; SANTOS, A. V. dos. A formação continuada no processo de atualização de professores de física: Formação para o Software Tracker. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología**, n. 23, p. 90-99, 2019.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Investigações em ensino de ciências. **Porto Alegre**, v. 5, p. 23, 2000.

OSBORNE, J.; SIMON, S.; COLLINS, S.. Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. **International Journal of Science Education**, 25(9), 1049-1079, 2003.

OTTER, M. E.; MELLENBERGH, G. J.; GLOPPER, K. de. The relation between information-processing variables and test-retest stability for questionnaire items. **Journal of Educational Measurement**, v. 32, n. 2, p. 199-216, 1995.

PAJARES, F.; OLAZ, F.. Teoria social cognitiva e auto-eficácia: uma visão geral. **Teoria social cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PARANÁ. Google Classroom na rede pública segue tendência mundial de tecnologia no ensino EAD. **Educação**, Notícias, 2020. Disponível em: <https://www.educacao.pr.gov.br/Noticia/Google-Classroom-na-rede-publica-segue-tendencia-mundial-de-tecnologia-no-ensino-EAD>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S.. Aprendizagem baseada em projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 551-577, 2017.

PEREIRA JUNIOR, A. **Irreversibilidade física e ordem temporal na tradição boltzmanniana**. São Paulo: Editora Unesp, ed. 1, 1997.

PEREIRA, E. Experiência de baixo custo para determinar a forma da superfície de um líquido em rotação usando o smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

PERONI, V. M. V. **Redefinições das fronteiras entre o público e o privado: implicações para a democratização da educação**. Brasília: Liber Livro, p. 175-204, 2013.

PIAGET, Jean. **Play, Dreams and Imitation in Childhood**. Routledge and Kegan Paul Ltd., 1951.

PIGOSSO, L. T.; RIBEIRO, B. S. HEIDEMANN, L. A. A Evasão na Perspectiva de quem Persiste: um Estudo sobre os Fatores que Influenciam na Decisão de Evadir ou Persistir em Cursos de Licenciatura em Física Pautado pelos Relatos dos Formandos. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**. Porto Alegre. V. 20, p. 245–273, 2020.

POLITO, A. M. M. **A construção da estrutura conceitual da física clássica**. São Paulo: Editora livraria da física, 2016.

POLYDORO, S.; AZZI, R.. Auto-regulação: aspectos introdutórios. In: **Teoria social cognitiva: conceitos básicos**. Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 149-164.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: Tempo, Caos e as Leis da Natureza**. São Paulo: Editora Unesp, 1996.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017.

PINTRICH, P. R.; DE GROOT, E. V. Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. **Journal of educational psychology**, v. 82, n. 1, p. 33, 1990.

QUIBAO, M. P. et al. Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2018.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, p. 1402.1-1402.8, 2009.

ROCHA, J. F. M. (Org). **Origens e evolução das idéias da física**. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015.

ROCHA, D. M. **Desempenho escolar na disciplina de Física: um estudo de caso sobre a relação entre as crenças de autoeficácia e o contrato didático**. 2017. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação. São Paulo.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 333-364, 2014.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n.1, p. 223-252, 2016.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia e o desempenho escolar dos estudantes de Física: construção e validação de um instrumento de análise. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. 1, p. 37-54, 2019.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C.. Desempenho escolar: um estudo de caso sobre a relação entre as crenças de autoeficácia em física e o contrato didático. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 3, p. 1-23, 2021.

RODRIGUES, L. C.; BARRERA, S. D. Auto-eficácia e desempenho escolar em alunos

do Ensino Fundamental. **Revista Psicologia em Pesquisa**, v. 1, n. 2, 2007.

ROSSI, T. *et al.* Autoeficácia geral percebida e motivação para aprender em adolescentes do Ensino Médio. **Act. Colom. Psicol.**, Bogotá, v. 23, n. 1, p. 264-271, jun. 2020.

ROSSINI, M. R. *et al.* Determinação do módulo de elasticidade de Young por meio de um smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

ROTTSCHAEFER, W. A. Evading conceptual self-annihilation: Some implications of Albert Bandura's theory of the self-system for the status of psychology. **New ideas in psychology**, v. 2, n. 3, p. 223-230, 1984.

ROTTSCHAEFER, W. A. Some philosophical implications of Bandura's social cognitive theory of human agency. *American Psychologist*, 46(2), 153 – 155, 1991.

SANTANA, A. E. de. Espaço, Tempo e Estruturas das Teorias do Movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, e20180145, 2019.

SANTOS, J. C. dos; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, e20180161, 2018.

SANTOS, R. N. M. dos; KOBASHI, N. Y. **Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações.** v. 2, n. 1. Repositório Digital da UFPE, 2009.

SANTOS, F. C.; TORT, A. C. A forma da superfície de uma massa de água girante como um problema variacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, 2017.

SANTOS, C. de A.; MOCARZEL, M. Militarização das escolas públicas no Brasil: um debate necessário. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 35, n. 3, p. 580-591, 2019.

SANTOS, S. *et al.* Dimensionalidade fractal e invariância de escala em circuitos elétricos AC e linhas de transmissão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20190188, 2020.

SASAKI, D. G. G.; JESUS, V. L. B. De. Videoanálise do voo de um fidget spinner: torque e momento angular. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e2019022, 2019.

SCHUNK, D.H. Goal setting and self-efficacy during self-regulated learning. **Educational psychologist**, v. 25, n. 1, p. 71-86, 1990.

SCHUNK, D. H.; ZIMMERMAN, Barry J. (Ed.). **Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice.** Guilford Press, 1998.

SELAU, F. F. *et al.* Fontes de autoeficácia e atividades experimentais de física: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, e2018018,

2018.

SILVA, S. L. R. da; ANDRADE, A. V. C. de; BRINATTI, A. M. **Ensino remoto emergencial**. Ponta Grossa – PR: Ed. dos Autores, 2020.

SILVA, A. P. T. B.; BASTOS, H. F. B. N.. Uma proposta metodológica para o estágio curricular supervisionado na EAD: articulações entre CEK e Grupo Cooperativo. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 3, p. 741-757, 2017.

SILVA, J. B. da; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. de. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, e20180309, 2019.

SILVA, L. F. *et al.* Elementos da abordagem temática no Ensino Médio: sinalizações para formação de professoras e de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, p. 145-161, 2019.

SILVA, E. F.; DA SILVA, Maria Abádia. Militarização das escolas públicas no Distrito Federal: projetos de gestão em disputa. **Revista de Estudos Aplicados em Educação**, v. 4, n. 8, 2019.

Silva, F. R.; Barros, M. A.; Laburú, C. E.; Santos, L. C. A. (2011). Crenças de eficácia, motivação e a formação de professores de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 214-228, 2011.

SIMÕES, B. S.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. Crenças de autoeficácia e a escolha da carreira de professor de Física. **Latin-American Journal of Physics Education**. v. 8, n. 3, p. 503-511, 2014.

SIMÕES, B. S.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. Motivações de licenciandos para escolha da carreira de professor de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 77-107. 2016.

SMITH, J. S.; DAI, D. Y.; SZELEST, B.P. Helping first-year students make the transition to college through advisor-researcher collaboration. **NACADA Journal**, v. 26, n. 1, p. 67-76, 2006.

SPERB, P.; CARVALHO, Í. Escolas usam rádio para levar conteúdo a estudantes de todo o País. **Folha de S. Paulo**, Educação, 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/educacao/2020/05/escolas-usam-radio-para-levar-conteudo-a-estudantes-de-todo-o-pais.shtml>. Acesso em: 15 mar. 2022.

SOARES, J. F.; ALVES, M. T. G.. Desigualdades raciais no sistema brasileiro de educação básica. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 147-165, Jun. 2003.

SOGA, D.; UENO-GUIMARÃES, M. H.; MURAMATSU, Mikiya. Um Estudo Experimental sobre a Luz Negra com Smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

SOUZA, L. F. N. I.; BRITO, M. R. F. de. Crenças de auto-eficácia, autoconceito e

desempenho em matemática. **Estudos de Psicologia**, v. 25, n. 2, p. 193-201, 2008.

SOUZA, T. C. De. **Intervalo de Confiança** - Margem de Erro. Universidade Federal da Paraíba (UFPB). 2014. Consultado em 22 de maio de 2017 Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~tatiene/Disciplinas/2014.2/Slides/MargemErro.pdf> Acesso em: 15 mar. 2022.

SOUZA, R. V. de; SANTOS, B. F. dos. A exigência conceitual na prática pedagógica de dois professores de Química que ensinam Química e Física. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 24, n. 4, p. 945-958, 2018.

SOUZA, L. F. I. **Auto-regulação da aprendizagem e a Matemática escolar**. 2007. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

SOUZA, L. F. N. I. de; BRITO, M. R, F. de. Crenças de auto-eficácia, autoconceito e desempenho em matemática. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 25, p. 193-201, 2008.

TINTO, V. Through the eyes of students. **Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice**, v. 19, n. 3, p. 254-269, 2017.

VENKATESH, Viswanath et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view. **MIS quarterly**, p. 425-478, 2003.

VERGNA, M. A.; DA SILVA, A. C. M.. A incorporação das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) pelos professores de língua portuguesa das escolas estaduais de ensino médio de Linhares–ES. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 105-120, 2018.

VIANA, J. D. M. Feynman e as Integrais de Trajetória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F. Validação de instrumento de avaliação da alfabetização científica para egressos do ensino médio no contexto da física do trânsito. **Educação em Revista**, v. 34, e202974, 2018.

VOGEL, R.; GÜTTEL, W. H. The dynamic capability view in strategic management: A bibliometric review. **International Journal of Management Reviews**, v. 15, n. 4, p. 426-446, 2013.

VON KORFF, J. *et al.* Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study. **American Journal of physics**, v. 84, n. 12, p. 969-974, 2016.

VYGOTSKY, Lev. Théorie des émotions: étude historico-psychologique. **Théorie des Émotions**, p. 1-416, 1998.

XAVIER, A. C. Letramento digital e ensino. In: SANTOS, C. F.; MENDONÇA, M. (Orgs.). **Alfabetização e Letramento**: conceitos e relações. Belo Horizonte:

Autêntica, 2007. p. 133-148.

Weiner, B.. An attributional theory of motivation and emotion. New York: **Springer-Verlag**. 1986.

YIN, R. K. **Qualitative research from start to finish**. Guilford publications, 2015.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Livros didáticos de física e sua (sub) utilização no ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19, e2668, 2017.

ZIMMERMAN, B. J. Self-efficacy: An essential motive to learn. **Contemporary educational psychology**, v. 25, n. 1, p. 82-91, 2000.



## Apêndice A

### Quadro das diretrizes pedagógicas emergenciais aplicados no Distrito Federal

Essas são as diretrizes que amparam as atividades pedagógicas não presenciais no Distrito Federal publicadas a partir de 1º de janeiro de 2020 até 30 de abril de 2021:

| Documento                           | Data                 | Relevância  |
|-------------------------------------|----------------------|---|
| Decreto N.º 40.509                  | 11 de março de 2020  | 1º decreto a suspender as atividades educacionais no Distrito Federal.  |
| Decreto N.º 40.520                  | 14 de março de 2020  | Prorrogou a suspensão de 11 de março por mais 15 dias corridos.   |
| Decreto N.º 40.539                  | 19 de março de 2020  | Ampliou a suspensão até 05/04/2020.   |
| Decreto N.º 40.550                  | 23 de março de 2020  | Manteve suspensão até 5 de abril de 2020.   |
| Parecer N.º 33/2020 – CEDF          | 26 de março de 2020  | Determinou o ajuste de organizações pedagógicas, administrativa e o calendário escolar da rede de ensino pública e privada do DF.   |
| Decreto N.º 40.583                  | 1 de abril de 2020   | Ampliou a suspensão até dia 31 de maio de 2020.   |
| Nota Técnica N.º 001/2020 – PROEDUC | 2 de abril de 2020   | Corroborar autorização do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) enquanto durar as suspensões no DF.  |
| Parecer N.º 37/2020 – CEDF          | 13 de abril de 2020  | Reafirma a flexibilização dos dias letivos, passando-se a exigir 800 horas no Sistema de Ensino do DF.  |
| Recomendação N.º 1/2020-CEDF        | 21 de maio de 2020   | Dispõe sobre a reorganização do Calendário Escolar, os planejamentos pedagógico e administrativo e cômputo das atividades remotas para carga horária anual.   |
| Recomendação N.º 004/2020-PROEDUC   | 21 de maio de 2020   | Trata do restabelecimento do exercício do direito educacional com atividades pedagógicas por meio de TIC para cumprimento da carga horária obrigatória na educação básica.                            |
| Recomendação N.º 2/2020 - CEDF      | 11 de agosto de 2020 | Dispõe sobre o planejamento pedagógico e administrativo para a retomada das atividades presenciais e continuidade das práticas pedagógicas remotas, complementando a Recomendação N.º 1/2020 – CEDF . |
| Decreto N.º 40.817                  | 22 de maio de 2020   | Suspendeu, dentre outras coisas, as atividades educacionais presenciais no DF sem estabelecer prazo de retorno.   |
| Portaria N.º 129/SEEDF              | 29 de maio de 2020   | Instituiu o Programa Escola em Casa DF.   |
| Parecer N.º 47/2020 - CEDF          | 2 de junho de 2020   | Validou o Plano de Gestão Estratégica para a Realização das Atividades Pedagógicas Não Presenciais na Rede Pública de Ensino do Distrito Federal.   |

|  |                       |  |
|--|-----------------------|--|
| Portaria N.º 132/2020 –<br>DODF nº 108 | 3 de junho de 2020    | Validou o Plano de Gestão Estratégica para realização das Atividades Pedagógicas não presenciais na Rede Pública de Ensino do DF com fundamento no Parecer nº 47/2020 -CEDF.   |
| Portaria N.º 133/2020<br>DODF nº 105   | 3 de junho de 2020    | Dispõe sobre os critérios para atuação dos profissionais em exercício nas unidades escolares da rede pública de ensino do Distrito Federal, nas atividades educacionais não presenciais, no período de pandemia pelo coronavírus.  |
| Portaria N.º 160/2021                  | 9 de abril de 2021    | Revoga a Portaria N.º 133/2020 e dispõe sobre o teletrabalho, em caráter excepcional e provisório, no âmbito das unidades administrativas da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, das unidades escolares, unidades escolares especializadas, escolas de natureza especial – UEs/UEEs/ENEs, bibliotecas escolares e bibliotecas escolares-comunitárias da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal e unidades parceiras, em virtude da pandemia da COVID-19. |
| Portaria Conjunta N.º 12               | 28 de Outubro de 2021 | Dispõe sobre as medidas de prevenção, monitoramento e controle da COVID-19 nas unidades escolares da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal e determina o retorno presencial de total dos estudantes às atividades de ensino e aprendizagem, em todos os níveis, etapas, anos/séries e modalidades da educação nas unidades escolares da Rede Pública de Ensino do DF.   |

Fonte: Elaboração própria a partir dos portais oficiais da Secretaria de Educação do Distrito Federal.

## Apêndice B

### Quadro das diretrizes pedagógicas emergenciais nacionais

Essas são principais diretrizes que amparam as atividades pedagógicas não presenciais no Brasil publicadas a partir de 1º de janeiro de 2020 até 31 de dezembro de 2020:

| Documento                 | Data                   | Conteúdo  |
|---------------------------|------------------------|---|
| Portaria Nº 343           | 17 de março de 2021    | Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas que utilizem meios e tecnologias de informação e comunicação em instituições superiores integrantes do sistema federal de ensino. |
| Nota de esclarecimento    | 18 de março de 2020    | Esclarecimentos acerca da reorganização emergencial das atividades acadêmicas.  |
| Portaria Nº 345           | 19 de março            | Altera a Portaria MEC nº 343, acerca da substituição das aulas presenciais  |
| Medida provisória Nº 934  | 1 de abril de 2020     | Estabelece normas excepcionais sobre o ano letivo da educação básica e do ensino superior. Dispensou a obrigatoriedade do mínimo de dias efetivos de trabalho escolar no país.                |
| MEC - Portaria Nº 376     | 3 de abril de 2020     | Dispõe sobre as aulas nos cursos de educação profissional técnica de nível médio  |
| Lei Nº 14.040             | 18 de agosto de 2020   | Estabelece normas educacionais excepcionais a serem adotadas durante o estado de calamidade pública   |
| Parecer CNE/CP Nº 5/2020  | 28 de abril de 2020    | Reorganização do Calendário Escolar e da possibilidade de cômputo de atividades não presenciais para fins de cumprimento da carga horária mínima anual  |
| Parecer CNE/CP Nº 9/2020  | 8 de junho de 2020     | Reexame do Parecer CNE/CP nº 5/2020   |
| Portaria Nº 544           | 16 de junho de 2020    | Estende até 31 de dezembro 2020 a autorização para a educação a distância no sistema federal de ensino.   |
| Parecer CNE/CP Nº 11/2020 | 7 de julho de 2020     | Orientações Educacionais para a Realização de Aulas e Atividades Pedagógicas Presenciais e Não Presenciais no contexto da Pandemia.   |
| Parecer CNE/CP Nº 15/2020 | 6 de outubro de 2020   | Estabelece normas educacionais excepcionais a serem adotadas durante o estado de calamidade pública   |
| Parecer CNE/CP Nº 16/2020 | 9 de outubro de 2020   | Reexame do item 8 (orientações para o atendimento ao público da educação especial) do Parecer CNE/CP nº 11  |
| Parecer CNE/CP Nº 19/2020 | 8 de dezembro de 2020  | Reexame do Parecer CNE/CP nº 15   |
| Resolução CNE/CP Nº 2     | 10 de dezembro de 2020 | Estabelece normas educacionais excepcionais a serem adotadas durante o estado de calamidade   |


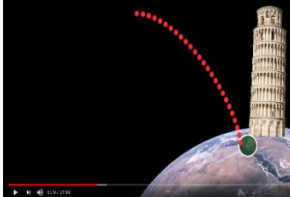
Fonte: Elaboração própria a partir dos portais oficiais da Secretaria de Educação do Distrito Federal e do Ministério da Educação.

## Apêndice C

### Quadro com as etapas da sequência didática com *feedback*

Essa é a síntese da sequência didática com *feedback*:

| Etapas | Aulas | Objetivos   | Metodologia   | Material de apoio  |
|--------|-------|---|---|--|
| 1      | 1 e 2 | <p>Descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento;</p> <p>Distinguir mitologia, filosofia e ciência;</p> <p>Identificar o surgimento da filosofia natural;</p> <p>Reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega.</p>   | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural”.</p> <p>Resolução de atividade (avaliação proposta)</p>  | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 1 – Introdução à Filosofia Natural.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 1 - (<u>Produto, p. 7-12</u>)</p>   |
| 2      | 3 e 4 | <p>Explicar sobre o desenvolvimento do conhecimento acadêmico;</p> <p>Demonstrar os principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo);</p> <p>Relacionar a relevância conceitual da teoria aristotélica à história ocidental e a filosofia natural;</p> <p>Associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica.</p> | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles”.</p> <p>Resolução de atividade (avaliação proposta)</p> | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 2 - Filosofia Natural e Aristóteles.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 2 - (<u>Produto, p. 17-20</u>)</p> |
| 3      | 5 e 6 | <p>Explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das Ciências da Natureza (e a Física);</p> <p>Diferenciar modelos de universo (geocêntrico e heliocêntrico);</p> <p>Investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média.</p>  | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 3 - Mecânica - Introdução à Cinemática”.</p> <p>Resolução de atividade (avaliação proposta)</p>         | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 3 - Introdução à Cinemática Escalar.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 3 - (<u>Produto, p. 22-33</u>)</p> |

|   |         |   |   |   |
|---|---------|---|---|---|
| 4 | 7 e 8   | <p>Demonstrar o conceito de aceleração média;<br/>Utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional;<br/>Calcular dois tipos de movimento: movimento uniforme (MU) e movimento uniformemente variado (MUV).</p>   | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 4 - Mecânica – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado”.<br/>Resolução de atividade (avaliação proposta).</p>  | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 4 – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado.<br/><b>Atividade:</b> Questionário 4 - (Produto, p. 35-40)</p>   |
| 5 | 9 e 10  | <p>Delimitar o conceito de Revolução Científica.<br/>Explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal;<br/>Justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.</p>   | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana”;<br/>Exposição do vídeo 1;<br/>Aula expositiva sobre as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.<br/>Resolução de atividade (avaliação proposta).</p> | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana.<br/><b>Vídeo 1:</b> Teoria Newtoniana - Parte 1 - Prof. Israel M. A.</p>  <p>Link do vídeo:<br/><a href="https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSyg">https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSyg</a></p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 5 - (Produto, p. 42-55)</p> |
| 6 | 11 e 12 | <p>Apresentar as Leis de Newton;<br/>Delimitar o conceito de força (newtoniana);<br/>Correlacionar os parâmetros cinemáticos de velocidade e aceleração às leis de movimento newtoniana;<br/>Justificar a importância, as possibilidades e os limites da teoria de Newton sobre o movimento e a Gravitação Universal.</p> | <p>Exposição e discussão sobre o vídeo 2;<br/>Resolução de atividade (avaliação proposta).</p>  | <p><b>Vídeo 2:</b></p>  <p>Link do vídeo:<br/><a href="https://www.youtube.com/watch?v=ClT30gNJGeA">https://www.youtube.com/watch?v=ClT30gNJGeA</a></p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 6 - (Produto, p. 57-68)</p>  |

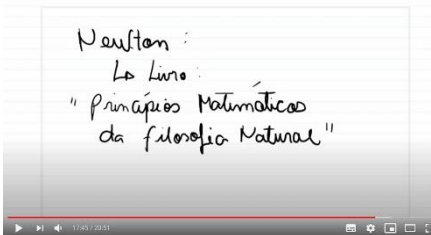
Fonte: Elaboração própria.


## Apêndice D

### Quadro com as etapas da sequência didática controle (sem *feedback*)

Essa é a síntese da sequência didática controle (sem *feedback*):

| Etapas | Aulas | Objetivos  | Metodologia   | Material de apoio  |
|--------|-------|--|---|--|
| 1      | 1 e 2 | <p>Descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento;</p> <p>Distinguir mitologia, filosofia e ciência;</p> <p>Identificar o surgimento da filosofia natural;</p> <p>Reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega.</p>  | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural”.</p> <p>Resolução de atividade (avaliação proposta)</p>  | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 1 – Introdução à Filosofia Natural.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 1 - (<u>Produto, p. 7-12</u>)</p>   |
| 2      | 3 e 4 | <p>Explicar desenvolvimento do conhecimento acadêmico;</p> <p>Demonstrar principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo);</p> <p>Relacionar a relevância histórica e conceitual da teoria aristotélica à história ocidental;</p> <p>Associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica.</p> | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles”.</p> <p>Resolução de atividade (avaliação proposta)</p> | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 2 - Filosofia Natural e Aristóteles.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 2 - (<u>Produto, p. 17-20</u>)</p> |
| 3      | 5 e 6 | <p>Explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das</p>   | <p>Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 3 - Mecânica -</p>  | <p><b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 3 - Introdução à Cinemática Escalar.</p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 3 - (<u>Produto, p. 22-33</u>)</p> |

|   |         |  |   |  |
|---|---------|--|---|--|
|   |         | Ciências da Natureza (e a Física);<br>Diferenciar modelos de universo (geocêntrico e helicêntrico);<br>Investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média.             | Introdução à "Cinemática".<br>Resolução de atividade (avaliação proposta)   |  |
| 4 | 7 e 8   | Demonstrar o conceito de aceleração média;<br>Utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional;<br>Calcular dois tipos de movimento:<br>movimento uniforme (MU) e movimento uniformemente variado (MUV).  | Apresentação e discussão sobre o texto "Capítulo 4 - Mecânica – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado".<br>Resolução de atividade (avaliação proposta).  | <b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 4 – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado.<br><b>Atividade:</b> Questionário 4 - (Produto, p. 35-40)  |
| 5 | 9 e 10  | Delimitar o conceito de Revolução Científica.<br>Explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal;<br>Justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração. | Apresentação e discussão sobre o texto "Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana";<br>Exposição do vídeo 1;<br>Aula expositiva sobre as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.<br>Resolução de atividade (avaliação proposta). | <b>Texto:</b> Mecânica - Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana.<br><b>Vídeo:</b> Teoria Newtoniana - Parte 1 - Prof. Israel M. A.<br><br>Link do vídeo:<br><a href="https://youtu.be/tkf2_uzZ6XM">https://youtu.be/tkf2_uzZ6XM</a><br><b>Atividade:</b> Questionário 5 - (Produto, p. 42-55) |
| 6 | 11 e 12 | Apresentar as Leis de Newton;<br>Delimitar o conceito de força (newtoniana);<br>Correlacionar os parâmetros cinemáticos de   | Exposição e discussão sobre o vídeo 2;<br>Resolução de atividade (avaliação proposta).  | <b>Vídeo:</b> Teoria Newtoniana - Parte 2 - Prof. Israel M. A.   |

|  |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
|  |  | velocidade e aceleração às leis de movimento newtoniana; Justificar a importância, as possibilidades e os limites da teoria de Newton sobre o movimento e a Gravitação Universal. |  |  <p>Link do vídeo:<br/><a href="https://youtu.be/Qn3Zou19ihI">https://youtu.be/Qn3Zou19ihI</a></p> <p><b>Atividade:</b> Questionário 6 - (Produto, p. 57-68)</p> |
|--|--|---|--|---|

Fonte: Elaboração própria.



## Apêndice E

### Quadro com os links dos vídeos de *feedback* da Sequência didática com *feedback*

Esses são os links dos vídeos dos *feedbacks* da referida sequência didática:

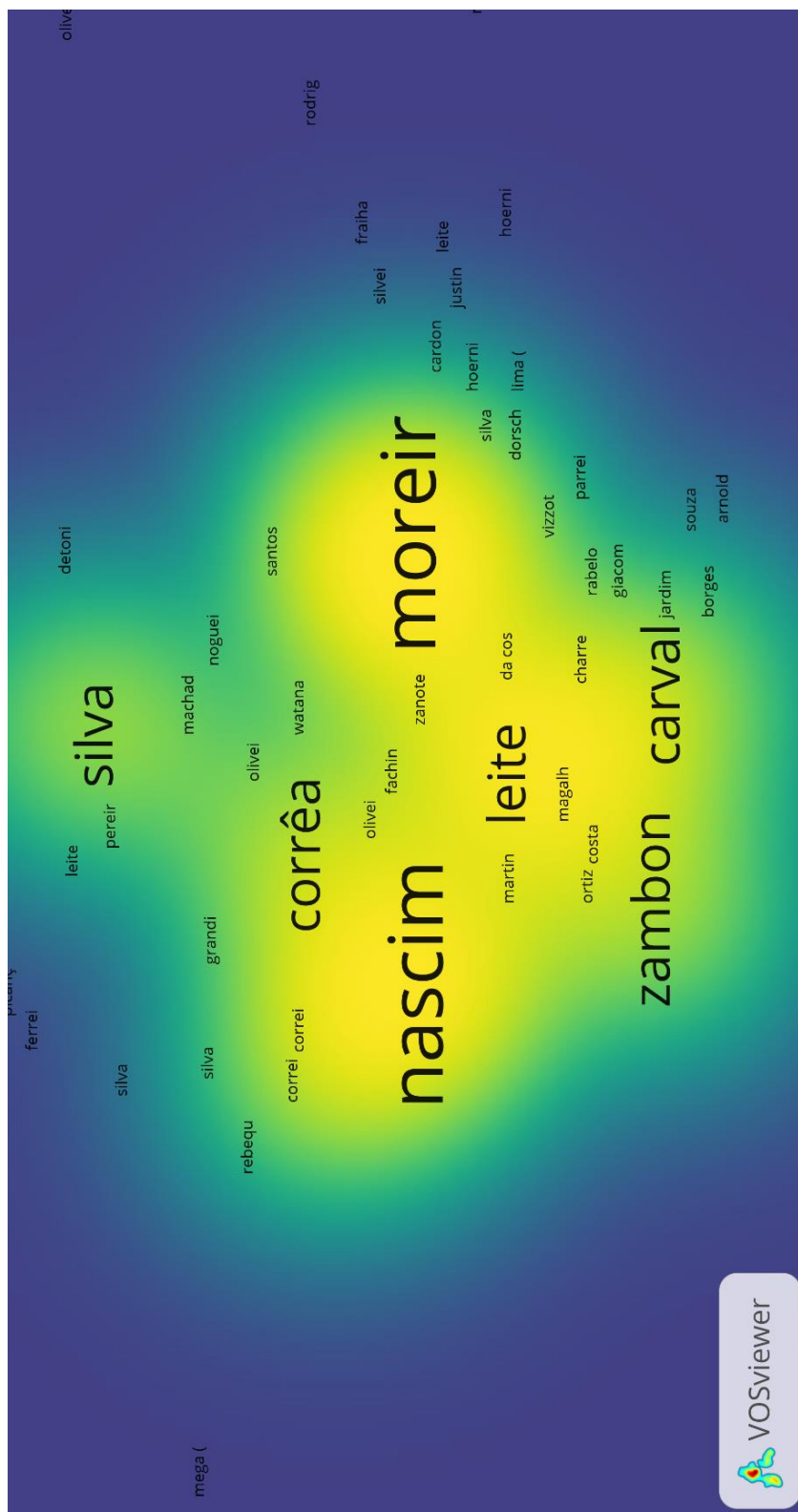
| Questionário   | Questão    | Link de acesso  |
|----------------|------------|---|
| Questionário 5 | Questão 1  | sem feedback  |
|                | Questão 2  | <a href="https://youtu.be/Oew_YJBHyAQ">https://youtu.be/Oew_YJBHyAQ</a> |
|                | Questão 3  | <a href="https://youtu.be/4OMCq3KDC6g">https://youtu.be/4OMCq3KDC6g</a> |
|                | Questão 4  | <a href="https://youtu.be/RVp4BNCKmQE">https://youtu.be/RVp4BNCKmQE</a> |
|                | Questão 5  | sem feedback  |
|                | Questão 6  | <a href="https://youtu.be/HQbqo7I6PAw">https://youtu.be/HQbqo7I6PAw</a> |
|                | Questão 7  | <a href="https://youtu.be/RP7o2osuSvo">https://youtu.be/RP7o2osuSvo</a> |
|                | Questão 8  | <a href="https://youtu.be/o5JNjXYMIHU">https://youtu.be/o5JNjXYMIHU</a> |
|                | Questão 9  | <a href="https://youtu.be/MG_YQ3VKA_w">https://youtu.be/MG_YQ3VKA_w</a> |
|                | Questão 10 | <a href="https://youtu.be/bVCqtJ_KYoM">https://youtu.be/bVCqtJ_KYoM</a> |
|                | Questão 11 | <a href="https://youtu.be/qcbjpZtksDg">https://youtu.be/qcbjpZtksDg</a> |
|                | Questão 12 | <a href="https://youtu.be/BNhEmdTkjvl">https://youtu.be/BNhEmdTkjvl</a> |
|                | Questão 13 | <a href="https://youtu.be/J7G1f-ZudVA">https://youtu.be/J7G1f-ZudVA</a> |
|                | Questão 14 | <a href="https://youtu.be/xEzBnOGink">https://youtu.be/xEzBnOGink</a>   |
| Questionário 6 | Questão 1  | sem feedback  |
|                | Questão 2  | <a href="https://youtu.be/oxB_meXTZHU">https://youtu.be/oxB_meXTZHU</a> |
|                | Questão 3  | sem feedback  |
|                | Questão 4  | <a href="https://youtu.be/4496iMB7cOk">https://youtu.be/4496iMB7cOk</a> |
|                | Questão 5  | sem feedback  |
|                | Questão 6  | <a href="https://youtu.be/Bh_eFAUqdA">https://youtu.be/Bh_eFAUqdA</a>   |
|                | Questão 7  | <a href="https://youtu.be/qfypnhdebCY">https://youtu.be/qfypnhdebCY</a> |
|                | Questão 8  | <a href="https://youtu.be/wTWHIJ5rXBY">https://youtu.be/wTWHIJ5rXBY</a> |
|                | Questão 9  | <a href="https://youtu.be/x0wCEhjDPkk">https://youtu.be/x0wCEhjDPkk</a> |
|                | Questão 10 | <a href="https://youtu.be/paxEBaeh1k8">https://youtu.be/paxEBaeh1k8</a> |
|                | Questão 11 | <a href="https://youtu.be/T8Ycfb_i3Ro">https://youtu.be/T8Ycfb_i3Ro</a> |
|                | Questão 12 | <a href="https://youtu.be/UJoKn6e5j-l">https://youtu.be/UJoKn6e5j-l</a> |
|                | Questão 13 | <a href="https://youtu.be/J-zrQ_ljYIE">https://youtu.be/J-zrQ_ljYIE</a> |
|                | Questão 14 | <a href="https://youtu.be/KldPeFsHtOs">https://youtu.be/KldPeFsHtOs</a> |

Fonte: Elaboração própria.



## Apêndice G

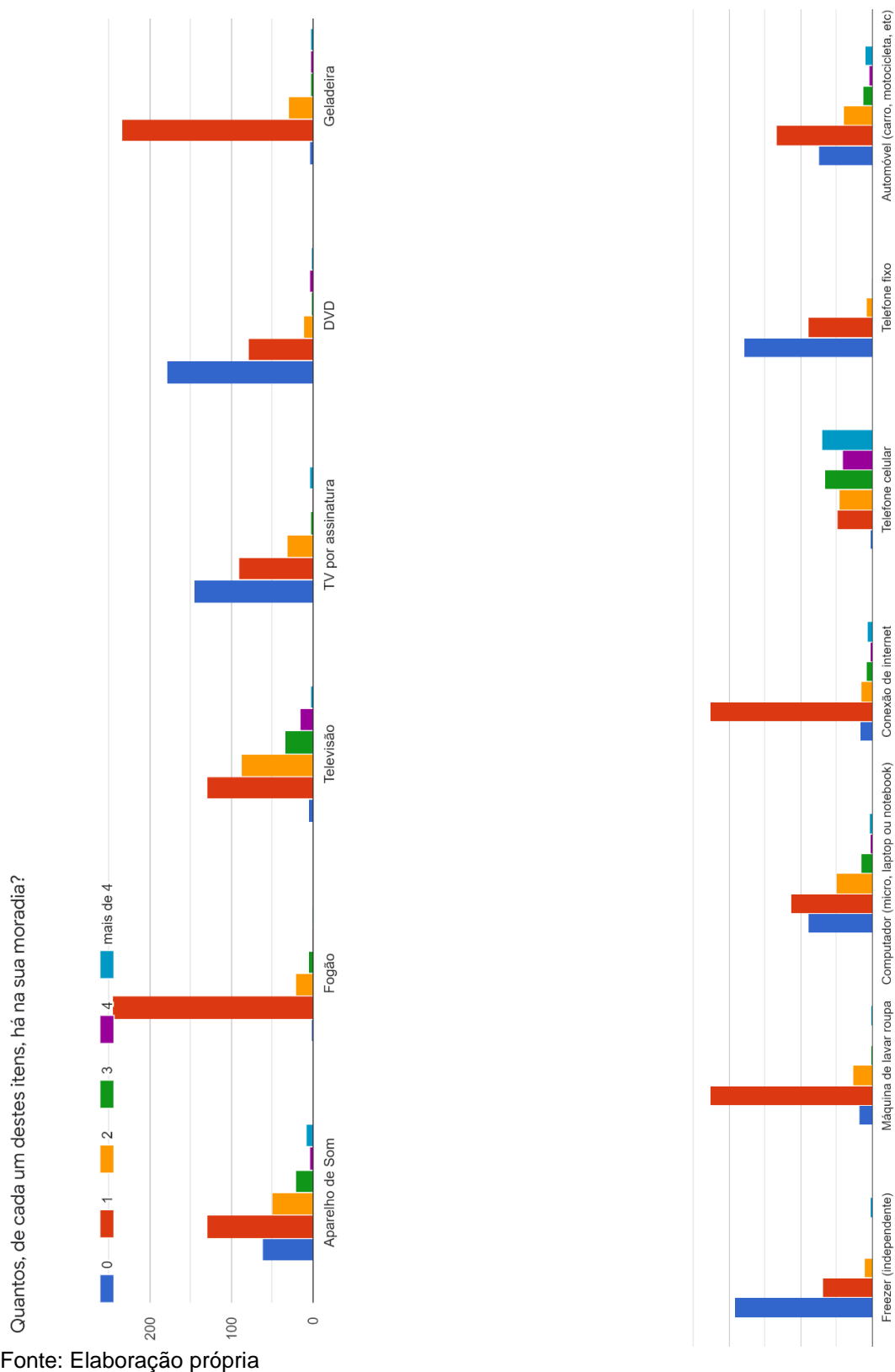
Mapa de calor criado pela análise de *coupling* no *VOSviewer* com dados dos 171 estudos encontrados na SciELO CI – WoS de 2017 a 2021



Fonte: Elaboração própria por meio do software *VOSviewer* 1.6.16.

## Apêndice H

### Número de itens domésticos que os estudantes declararam haver em suas moradias



## Apêndice I

**Resultado das análises de variância (ANOVA) e do teste *Post Hoc* aplicado aos dados dos 170 estudantes comparando as crenças de autoeficácia iniciais e finais nos formatos híbrido e virtual nos grupos Experimental e Controle**

| CA      | Formato | Grupo | CA      | Grupo | Formato | DM      | SE   | df      | t       | p Tukey      | p Sheffe |
|---------|---------|-------|---------|-------|---------|---------|------|---------|---------|--------------|----------|
| Inicial | E       | H     | Inicial | E     | V       | 94.589  | 2.86 | 162     | 33.050  | <b>0.025</b> | 0.151    |
|         |         |       | Inicial | C     | H       | 61.894  | 2.64 | 162     | 23.417  | 0.278        | 0.602    |
|         |         |       | Inicial | C     | V       | 61.102  | 3.28 | 162     | 18.640  | 0.578        | 0.836    |
|         |         |       | Final   | E     | H       | -0.2857 | 1.33 | 162     | -0.2142 | 1.000        | 1.000    |
|         |         |       | Final   | E     | V       | 86.384  | 2.81 | 162     | 30.692  | <b>0.050</b> | 0.232    |
|         |         |       | Final   | C     | H       | 60.196  | 2.61 | 162     | 23.105  | 0.294        | 0.619    |
|         |         | Final | C       | V     | 76.702  | 3.21    | 162  | 23.871  | 0.255   | 0.577        |          |
|         |         | V     | Inicial | C     | H       | -32.695 | 2.81 | 162     | -11.620 | 0.941        | 0.987    |
|         |         |       | Inicial | C     | V       | -33.487 | 3.42 | 162     | -0.9800 | 0.977        | 0.995    |
|         |         |       | Final   | E     | H       | -97.446 | 2.82 | 162     | -34.503 | <b>0.016</b> | 0.112    |
|         |         |       | Final   | E     | V       | -0.8205 | 1.49 | 162     | -0.5489 | 0.999        | 1.000    |
|         |         |       | Final   | C     | H       | -34.393 | 2.78 | 162     | -12.379 | 0.919        | 0.981    |
|         | Final   |       | C       | V     | -17.887 | 3.35    | 162  | -0.5332 | 0.999   | 1.000        |          |
|         | C       | H     | Inicial | C     | V       | -0.0792 | 3.24 | 162     | -0.0245 | 1.000        | 1.000    |
|         |         |       | Final   | E     | H       | -64.752 | 2.60 | 162     | -24.883 | 0.208        | 0.520    |
|         |         |       | Final   | E     | V       | 24.490  | 2.77 | 162     | 0.8856  | 0.987        | 0.998    |
|         |         |       | Final   | C     | H       | -0.1698 | 1.28 | 162     | -0.1324 | 1.000        | 1.000    |
|         |         | V     | Final   | C     | V       | 14.808  | 3.17 | 162     | 0.4671  | 1.000        | 1.000    |
|         |         |       | Final   | E     | H       | -63.959 | 3.25 | 162     | -19.710 | 0.505        | 0.791    |
|         |         |       | Final   | E     | V       | 25.282  | 3.38 | 162     | 0.7486  | 0.995        | 0.999    |
| Final   |         |       | C       | H     | -0.0906 | 3.21    | 162  | -0.0283 | 1.000   | 1.000        |          |
| Final   | E       | H     | Final   | E     | V       | 89.241  | 2.78 | 162     | 32.146  | <b>0.033</b> | 0.179    |
|         |         |       | Final   | C     | H       | 63.054  | 2.56 | 162     | 24.593  | 0.221        | 0.536    |
|         |         |       | Final   | C     | V       | 79.559  | 3.18 | 162     | 25.021  | 0.202        | 0.512    |
|         |         | V     | Final   | C     | H       | -26.188 | 2.73 | 162     | -0.9595 | 0.979        | 0.996    |
|         |         |       | Final   | C     | V       | -0.9682 | 3.31 | 162     | -0.2921 | 1.000        | 1.000    |
|         | C       | H     | Final   | C     | V       | 16.506  | 3.14 | 162     | 0.5259  | 1.000        | 1.000    |

Fonte: Elaboração própria.

Legenda:

CA – Crenças de Autoeficácia

C – Grupo Controle

E – Grupo Experimental

V – formato virtual

H – formato híbrido

DM – Diferença Média (*Mean Difference*)

## Apêndice J

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



Universidade de Brasília



Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

**Título da Pesquisa:** Ensino e aprendizagem de Força com uso de tecnologias digitais: análise de autoeficácia em Física do Ensino Médio.

**Pesquisadores:**

Israel Marinho Araújo

Marcello Ferreira

Marcos Rogério Martins Costa

**Local de realização da pesquisa:**

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

#### CONVITE E CONSENTIMENTO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “Ensino e aprendizagem de Força com uso de tecnologias digitais: análise de autoeficácia em Física do Ensino Médio”, de responsabilidade de Israel Marinho Araújo, estudante da **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física** da Universidade de Brasília. O objetivo desta pesquisa é propor (levando em conta as imposições do ensino remoto), uma intervenção pedagógica aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio utilizando recursos digitais (vídeos, texto e formulários) com a intenção de verificar as implicações do uso destes recursos comparativamente a instruções convencionais. Assim, gostaria de consultá-lo/a sobre seu interesse e disponibilidade de cooperar com a pesquisa. Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo/a. Os dados provenientes de sua participação na pesquisa, tais como questionários ou entrevistas ficarão sob a guarda do/da pesquisador/a responsável pela pesquisa. A coleta de dados será realizada por meio de avaliações e questionários postados aos alunos por meio de formulários online. É para estes procedimentos que você está sendo convidado a participar. Sua participação na pesquisa não implica em nenhum risco. Espera-se com esta pesquisa contribuir para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem de Física, em especial, na modalidade virtual. Sua participação é voluntária e livre de qualquer remuneração ou benefício. **Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento.** A recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. Se você tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, você pode me contatar através do telefone 61 98289-4317 ou pelo e-mail israelmarinho-7@hotmail.com. A equipe de pesquisa garante que os resultados do estudo serão devolvidos aos participantes por meio dos trabalhos publicados, posteriormente, na comunidade científica.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o/a pesquisador/a responsável pela pesquisa e a outra com você.

Assinatura do responsável

Assinatura do responsável pela pesquisa

Brasília-DF, 05 de abril de 2021.

OBS: Este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

## Apêndice K

### Instrumento de verificação da autoeficácia

- 1) Eu sou capaz de resolver com facilidade os problemas de Física postados pelo professor.
- 2) Eu acredito que estou “me saindo” muito bem na disciplina de Física.
- 3) Eu sou capaz de tirar boas notas nas avaliações de Física.
- 4) Eu acredito que consiga realizar com êxito os exercícios do livro sugeridos pelo meu professor de Física.
- 5) Eu termino os exercícios de Física rapidamente.
- 6) Eu tenho dificuldades para compreender as explicações do meu professor de Física.
- 7) Eu acredito ser capaz de realizar com eficiência os cálculos na resolução dos problemas de Física.
- 8) Eu sou capaz de ler e compreender rapidamente os problemas de Física.
- 9) Eu me sinto capaz de aprender os conceitos físicos tão bem quanto os meus colegas.
- 10) Eu sou capaz de lembrar com facilidade o que aprendi com as atividades de Física.
- 11) Eu me sinto capaz de resolver os problemas mais difíceis de Física.
- 12) Eu sou capaz de resolver atividades diferenciadas das que o meu professor de Física apresenta.
- 13) Eu confio em minhas habilidades para aprender mais sobre Física.
- 14) Eu sou capaz de compreender bem os conceitos físicos apresentados nos textos, vídeos e atividades.
- 15) Ainda que estude muito, raramente tenho bons resultados nas avaliações de Física.
- 16) Eu me sinto capaz de estudar o suficiente para tirar boas notas nas avaliações de Física.
- 17) Não importa o que eu faça, eu não consigo tirar boas notas em Física.
- 18) Minhas habilidades em aprender mais facilmente me permitem ser considerado um (a) bom (boa) aluno (a) de Física.
- 19) Eu acredito que deveria saber estudar melhor para tirar boas notas.
- 20) Eu acredito que deveria estudar mais para tirar melhores notas em Física.

21) Acredito que ainda me faltem habilidades para resolver os problemas apresentados nas atividades de Física.

Adaptado do instrumento de D. M. Rocha e E. C. Ricardo (2019).



## Apêndice L

### Elementos constitutivos de uma teoria do movimento e da mecânica newtoniana

| Elemento | Definição do Elemento Constitutivo   | Mecânica Newtoniana  |
|----------|--|--|
| 1        | <p>“Assume-se como conceito primitivo a existência do espaço e do tempo descrito por uma variedade <math>V = \{\mathbf{x}, t\}</math>, com <math>\mathbf{x}</math> designando vetores do <math>\mathbb{R}^3</math>, e <math>t \in \mathbb{R}</math>, o tempo. As quantidades <math>\mathbf{x}</math> e <math>t</math> possuem suas propriedades especificadas através de processos físicos. Ou seja, é a mensuração via processos, que estabelece o tempo e o espaço. A mensuração das propriedades dos sistemas físicos é implementada a partir de um lócus no espaço e tempo, a ser denotado por <math>S</math> e chamado de sistema de referência inercial. Os sistemas de referência são definidos pela especificação da conexão entre si. Esta associação entre dois sistemas, <math>S</math> e <math>S'</math>, se estabelece por um mapeamento <math>G: S \rightarrow S'</math>, sendo <math>G</math> transformações especificadas pelo experimento. Uma situação geral é que <math>G</math> seja um grupo de simetria em <math>V</math>, de tal modo que os fenômenos físicos em <math>S</math> e <math>S'</math> são descritos matematicamente da mesma maneira. Mas pode ocorrer de ser um semi grupo, e assim contemplar processos irreversíveis. Num caso ou noutro, será o experimento quem estabelecerá a natureza de <math>G</math>.”</p> | <p>“<math>V = \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}^1</math>, no qual <math>\mathbb{R}^3</math> é o espaço Euclidiano tridimensional, e <math>\mathbb{R}^1</math> designará o tempo enquanto uma coordenada. Os sistemas inerciais <math>S</math> são escolhidos como Galileanos, tais que os processos físicos analisados em <math>S</math> e outro <math>S'</math> estão relacionados por <math>G</math> definido pelas Eqs. (4) e (5). Aqui é importante enfatizar que o tempo transcorre da mesma forma nos dois referenciais.”<sup>178</sup></p> |
| 2        | <p>“Assume-se como conceito primitivo a existência de um conjunto de variáveis mecânicas denotado por <math>D = \{a, b, c, \dots\}</math>, entre as quais estão aquelas que descrevem a localização, velocidade, momentum, energia, dentre outras. Um conjunto básico dessas variáveis, a partir das quais todas as outras são construídas, é denominado de observáveis ou variáveis canônicas. Essas serão os observáveis do sistema e minimamente possuirão a estrutura de espaço linear.”</p>   | <p>“As variáveis mecânicas são descritas por funções reais, como o vetor posição <math>q \equiv \mathbf{x}(t)</math>, vetor velocidade <math>\mathbf{v} = d\mathbf{x}(t)/dt</math>, e momentum linear <math>\mathbf{p}(t) = m \cdot d\mathbf{x}(t)/dt</math>, onde <math>m</math> é a massa.”</p>  |
| 3        | <p>“Assume-se como conceito primitivo a existência de sistema físico. Um sistema físico fica descrito, e é mecanicamente caracterizado, pela noção de <i>estado mecânico</i> (<math>E</math>) definido de tal forma a: (i) estabelecer a localização do sistema no espaço e no tempo, e (ii) prover elementos do movimento; isto é, fornecer uma ou mais característica intrínseca do movimento do sistema escolhida como um conceito primitivo. O <i>estado</i> descreverá sistemas mecânicos de dois tipos, considerados também como conceitos primitivos: (a) aqueles compostos de pontos inerciais (ou materiais), entes mecânicos cujo estado é especificado por grandezas locais no espaço e no tempo, e (b) campos, objetos mecânicos cujo estado é descrito por grandezas que são funções em todo <math>V</math>, e <i>a priori</i> não são redutíveis à pontos inerciais. (iii) Dado um observável <math>O</math>, deve existir uma regra a ser estabelecida experimentalmente de modo que <math>E(O) \in \mathbb{R}^n</math>, correspondendo ao processo de mensuração.”</p>   | <p>“O sistema físico é um ponto material de massa <math>m</math>. O estado é descrito por <math>\mathbf{x}(t)</math>, indicando a localização no espaço e no tempo, e <math>\mathbf{p}(t)</math>, descrevendo uma característica do movimento. Em geral uma variável mecânica, <math>F</math> é descrita como uma função de <math>\mathbf{x}(t)</math> e <math>\mathbf{p}(t)</math>, isto é <math>F = F(\mathbf{x}, \mathbf{p}; t)</math>.”</p>  |
| 4        | <p>“Os sistemas mecânicos específicos são definidos por uma função do estado mecânico, chamada Lagrangiana. Esta função é um escalar, por transformações envolvendo a mudança dos sistemas de referências, ou seja por <math>G</math>, assegurando assim que todos os observadores estarão descrevendo o mesmo sistema físico.”</p>  | <p>“A Lagrangiana fica dada pela Eq. (2), com <math>q \equiv \mathbf{x}(t)</math>.”</p>  |

<sup>178</sup> No texto original, as equações estão com uma numeração diferente.

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i} \quad (2)$  |
| 5 | <p>“Assume-se a existência de uma lei causal conectando os diversos estados do sistema; lei esta a ser invariante por G. A lei causal pode ser encontrada por um princípio de extremo compatível com e<sub>1</sub>” [elemento constitutivo 1].</p> | <p>“A lei causal conectando os estados é estabelecida respeitando-se o elemento constitutivo e<sub>1</sub>. Isto é, as transformações de Galilei servem de guia para se encontrar as leis que geram a dinâmica, que por vez deve ser consistente com o princípio de extremo dado na Eq. (1). Desse modo, usando métodos conhecidos em teoria de representações, resulta</p> $m \frac{\partial^2 x(t)}{\partial t^2} = F(x),$ <p>onde <math>F</math> é a força do meio sobre a partícula. Esta é a conhecida segunda lei de Newton. Note que esta equação não pode ser usada como definição de força, que é introduzida a partir de um processo de medida e fisicamente descreve a interação do meio com o sistema em observação.”</p> |

Fonte: Elaboração própria a partir de Santana (2019, p. 10-11).

## Anexo A

### Ações educacionais emergenciais das unidades federativas brasileiras em 2020

|                     |   |
|---------------------|---|
| Paraíba             | A secretaria lançou a plataforma Paraíba Educa e está fechando parceria para exibição de teleaulas pela TV Assembleia.  |
| Paraná              | A secretaria implementou um pacote de ações que compõem o EaD Aula Paraná baseado em três frentes de atuação: 1) Transmissão das aulas em multicanal TV aberta e <i>Youtube</i> ; 2) Aplicativo Aula paraná, disponível em celulares; 3) Aplicativo <i>Google Classroom</i> . O aplicativo não consome dados 3G e 4G, pois a SEED providenciava pacotes de dados junto a todas as operadoras de telefonia. Alunos que não tinham acesso nem à TV nem à internet retiram atividades propostas quinzenalmente na escola.  |
| Pernambuco          | A secretaria criou a plataforma Educa-PE para a transmissão ao vivo de aulas. O conteúdo é transmitido pelo <i>Youtube</i> (Educa-PE) e nas emissoras TV Pernambuco, TV Universitária, TV Nova Nordeste e TV Alepe, para o Ensino Médio. Para os estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, as aulas são disponibilizadas no serviço de <i>streaming</i> – Além disso, os gestores escolares distribuem materiais didáticos aos alunos.  |
| Piauí               | A secretaria transmite aulas para o Ensino Médio e a EJA por meio do Canal Educação e TV Antares, e do <i>Youtube</i> . Além disso, as escolas produzem material para os alunos sem acesso à internet.  |
| Rio de Janeiro      | A Secretaria de Educação promoveu aulas <i>on-line</i> por meio da plataforma <i>Google Classroom</i> , além de oferecer teleaulas por meio da TV Band, TV Alerj e canal Net. Para que todos tenham acesso, a Seeduc distribuirá chips com dados de internet para os mais de setessentos mil alunos da rede pública estadual. A Secretaria também distribuiu material impresso para os estudantes.  |
| Rio Grande do Norte | Ficou disponível para toda a rede a Escola Digital, ambiente virtual de aprendizagem da Secretaria, onde o professor pôde postar conteúdo para os alunos e realizar webconferências. A Secretaria também firmou parceria com a <i>Google for Education</i> para disponibilizar acesso gratuito às plataformas e recursos da empresa.  |
| Rio Grande do Sul   | Os pais de alunos sem acesso à internet retiraram as aulas programadas nas escolas antes da suspensão das aulas. A implementação das aulas remotas na rede de ensino dar-se-á a partir do dia 1º de junho por meio da plataforma <i>Google Classroom</i> .  |
| Rondônia            | Estão sendo ofertadas aulas remotas por meio da plataforma digital <i>Google Classroom</i> . Os professores elaboraram cronogramas contendo os temas das aulas e links de acesso, onde o aluno é direcionado para assistir as vídeoaulas no canal de Mediação Tecnológica no <i>Youtube</i> . Os estudantes dos 3º anos também contaram com aulas do Revista Enem.  |
| Roraima             | Para os estudantes que possuem acesso à internet, os conteúdos estão sendo repassados de forma <i>on-line</i> , por meio de redes sociais como <i>Whatsapp</i> , aplicativos como <i>Google Classroom</i> , <i>Google Sala de Aula</i> , <i>Google Meet</i> , <i>Youtube</i> , entre outras ferramentas digitais. Para os que não possuem acesso à internet, os conteúdos estão chegando em material impresso, produzido pelos professores e estão sendo entregues aos pais nas escolas. No interior e nas comunidades indígenas, o material de estudo foi distribuído por meio do transporte escolar. Ondas do Saber – Programa fruto da parceria entre a secretaria e a Rádio RR, onde professores de várias disciplinas dão dicas de estudo, conteúdos educacionais e repassam informações didáticas na programação da rádio. É um complemento à continuação da aprendizagem escolar, que leva conteúdo e informação aos estudantes da rede, especialmente os que residem no interior do estado e comunidades indígenas. |
| Santa Catarina      | Para alunos como acesso à internet foi implementada a plataforma <i>Google Sala de Aula</i> para o envio de atividades e interações entre a turma e o professor. Docentes e alunos ainda tiveram acesso a mais três ferramentas de apoio: o livro didático, a área de Recursos Digitais de Aprendizagem do site da SED eo SED Digital, um banco gratuito de cursos a distância, com conteúdos de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Já para os estudantes com acesso restrito ou sem acesso  |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | à internet, a secretaria iniciou a entrega de materiais impressos nas escolas para os pais e responsáveis.  |
| São Paulo        | A secretaria lançou o Cnetro de Mídias da Educação de SP (CMSP). A plataforma permite que os estudantes da rede estadual tenham acesso a aulas ao vivo, vídeoaulas e outros conteúdos pedagógicos. E, desde o dia 20 de abril, também disponibilizou um segundo aplicativo, o CMSP Educação Infantil e Anos Iniciais, com conteúdos exclusivos para essas etapas de ensino. Além disso, o Governo de São Paulo entrou em acordo com a TV Cultura para transmitir as aulas por meio de dois canais digitais. A secretaria patrocinou internet para que os alunos e professores da rede tenham acesso aos conteúdos via celular.  |
| Sergipe          | O governo fez parceria com a Secretaria de Educação do Amazonas e está disponibilizando vídeoaulas na TV Pública do Estado. Também lançou o portal Estude em Casa, com conteúdo para alunos e professores. Para o Enem, docentes fizeram lives diariamente. Foi disponibilizado para os alunos simulado <i>on-line</i> com questões comentadas e cadernos complementares.   |
| Tocantins        | A rede estadual de Tocantins, no momento da elaboração desse quadro por Cunha (2020), havia estabelecido período de férias escolares.   |
| Acre             | A secretaria lançou uma plataforma com conteúdos para os estudantes e fechou parceria com um canal aberto de TV para oferecer teleaulas.  |
| Alagoas          | A secretaria estabeleceu o Regime Especial de Atividades Escolares Não Presenciais. As atividades pedagógicas foram realizadas com mediação tecnológica ou utilização de outros meios físicos (tais como: orientações impressas, estudo dirigido e avaliações enviadas aos alunos e família).   |
| Amapá            | A secretaria disponibilizou plataformas para atividades não presenciais, como a Escola Digital Amapá, a Escolas Conectadas, o AVAMEC, além dos livros didáticos.  |
| Amazonas         | Transmissão de conteúdo escolar diário pela TV aberta, por meio do programa <i>Aula em Casa</i> , e disponibilizou conteúdos pelas plataformas AVA, <i>Saber+</i> e pelo aplicativo <i>Mano</i> . Também houve transmissão das aulas por lives no <i>Facebook</i> e no <i>Instagram</i> .   |
| Bahia            | Plataforma Anísio Texeira com o canal de conteúdos de doze Instituições Públicas de Ensino Superior. Além disso, transmitiu teleaulas por meio do programa <i>Estude em casa</i> , da TV Educativa e utilizou o projeto de salas de aula <i>on-line Classes Abertas</i> .   |
| Ceará            | As escolas foram orientadas a desenvolver um Plano de Atividades Domiciliares, utilizando o livro didático da rede como base. Para interagir com os alunos, professores utilizaram as plataformas: <i>Aluno On-line</i> e <i>Professor On-line</i> , desenvolvidas pela secretaria; e <i>Google Classroom</i> .   |
| Distrito Federal | A secretaria disponibilizou teleaulas e vídeos educativos para todas as etapas e modalidades, além de conteúdos para a formação de professores, pelas TVs Justiça e Gênese. Todos os vídeos ficaram disponíveis no canal do <i>Youtube</i> da SEEDF. Estudantes do Ensino Médio tiveram conteúdos para todos os componentes curriculares por meio da plataforma <i>Google Sala de Aula</i> . A partir do dia 29 de junho de 2020, o trabalho escolar se deu por aulas na plataforma e por televisão e material impresso aos estudantes que não tinham internet. Aos estudantes de baixa renda, o governo ofereceu internet gratuita à plataforma.   |
| Espírito Santo   | A secretaria criou o Programa EscoLAR, cujo principal recurso utilizado consistiu na transmissão de vídeoaulas por meio de canais de televisão e/ou redes sociais como o <i>Facebook</i> , <i>Youtube</i> , <i>Whatsapp</i> , entre outros, ao vivo ou gravado.   |
| Goiás            | Tiveram aulas não presenciais desde o dia 23 de março de 2020. Os professores e gestores escolares organizaram grupos nas redes sociais para que os alunos conseguissem ter acesso aos materiais. Foi lançado o portal de conteúdo NetEscola, com aulas e lista de atividades para todas as séries do Ensino Fundamental e Médio. Os professores dos Centros de Educação em Período Integral elaboraram também um trabalho de tutorial para que os alunos não ficassem com dúvidas. Esse trabalho foi realizado pelas redes sociais, com aplicativos de reuniões e por ligações telefônicas. Além disso, elaboraram e entregaram blocos de atividades aos alunos. Os alunos do Ensino Médio contaram com um novo cronograma do Goiás Bem do Enem: vídeoaulas, maratona de resolução de questões do Enem, lista de exercícios, vídeo dicas enviados para alunos toda semana. A secretaria também iniciou a transmissão de aulas ao vivo para o Ensino Médio e Fundamental na TV aberta e em Rádio AM e FM. |

|                    |  |
|--------------------|--|
| Maranhão           | A secretaria transmitiu aulas pela TV e pela rádio, e orientou as escolas a criarem turmas virtuais no <i>Google Classroom</i> . As escolas fizeram uso de outras ferramentas, como: <i>Whatsapp</i> e <i>Hangouts</i> ; e distribuíram materiais didáticos para a realização das atividades não presenciais.  |
| Mato Grosso        | A secretaria disponibilizou vídeoaulas e outros conteúdos para os alunos por meio de sua plataforma <i>on-line</i> .   |
| Mato Grosso do Sul | A secretaria trabalhou com a plataforma Protagonismo Digital para a execução de aulas. Alunos sem acesso à internet receberam material impresso.   |
| Minhas Gerais      | Os alunos contaram com atividades pedagógicas por meio do Regime de Estudo não Presencial. A principal ação foi o Plano de Estudo Tutorado (PET), apostilas com conteúdos das disciplinas concentrados em volumes e por etapa de ensino. Elas são distribuídas, prioritariamente, de forma <i>on-line</i> . Os alunos que não tinham acesso à internet recebiam impressas. Outra ação foi a oferta do Programa Se Liga na Educação, constituída por teleaulas que abordam conteúdos escolas que, historicamente, os estudantes apresentam maior grau de dificuldade. Esse programa foi transmitido no canal aberto da Rede Minas, presente em 186 municípios do Estado. As teleaulas também estiveram disponíveis no canal da Educação no <i>Youtube</i> e na página da Rede Minas. A secretaria lançou o aplicativo para celular <i>Conexão Escola</i> , de navegação gratuita, trazendo os conteúdos do Regime de Estudo não Presencial. |
| Pará               | A secretaria ofereceu vídeoaulas para alunos do Anos Finais do Fundamental e do Ensino Médio. Elas foram transmitidas pela TV Cultura, e também puderam ser acessadas por um aplicativo ou por redes sociais. No site da secretaria, os alunos tinham a opção de baixar os exercícios diariamente. As escolas que não puderam seguir o regime, deveriam apresentar um plano de reposição de aulas ao Conselho Estadual de Educação.  |

Fonte: Elaboração própria com base em Cunha (2020) – Com base no CONSED, 2020. Disponível em: <https://consed.info/ensinoremoto>. Acessado em: 15 mar. 2022.



ENSINO E APRENDIZAGEM DE FORÇA MEDIADO POR  
TECNOLOGIAS DIGITAS: ANÁLISE DE AUTOEFICÁCIA EM  
FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

Israel Marinho Araújo

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília (UnB) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Marcello Ferreira

Coorientador:

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa

# Produto Educacional

## Apresentação

O presente produto educacional foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e tem o intuito de oferecer aos professores do Ensino Básico um material pedagógico de apoio para o ensino e aprendizagem de Mecânica Clássica, sobretudo, do conceito newtoniano de força. Ao mesmo tempo, este produto intenta contribuir com o debate e a pesquisa na área do Ensino de Ciências e, particularmente, do Ensino de Física, uma vez que essa proposta busca sanar problemas epistemológicos e conceituais há muito tempo apontadas na literatura (MOREIRA, 2018; 2021)<sup>1</sup>.

É imprescindível salientar que a Sequência Didática (SD) e o material educacional aqui proposto foi desenvolvido no contexto do Ensino Remoto Emergencial (SILVA, 2021), momento em que as insituições de ensino - nos níveis básico e superior – tiveram que adaptar-se rapidamente para um formato total ou parcialmente virtual, devido à crise sanitária global provocada pela covid-19 a partir do ano de 2020. Nessa conjuntura, o isolamento social impôs a necessidade de diversas readequações escolares, curriculares e pedagógicas. Amplificou, certamente, os problemas educacionais já existentes e acrescentou novos desafios, principalmente quando considera-se a profunda desigualdade social existente no Brasil.

A partir desse cenário, o produto educacional disponibilizado a seguir é uma proposta que pressupõe a necessidade de uma estratégia de ensino acessível, capaz de atuar como material de apoio em uma situação emergencial, na qual as atividades escolares ficaram estabelecidas por meio de plataformas digitais, sendo o principal dispositivo de acesso (por parte dos estudantes) o *smartphone*<sup>1</sup>. No caso da rede pública de ensino do Distrito Federal, uma parte considerável dos alunos passaram a

---

<sup>1</sup> O Produto Educacional foi construído para a utilização de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com base no que consta em relação aos objetivos de aprendizagem na BNCC (BRASIL, 2018) e no Currículo em Movimento do DF para essa série, o que não impossibilita a sua utilização no Ensino Fundamental, principalmente por apresentar uma contextualização das Ciências da Natureza (DISTRITO FEDERAL, 2014; 2018).

acompanhar as atividades remotas por meio de celular próprio ou de algum familiar. E por isso, o produto abaixo foi projetado com a intenção de ser capaz de proporcionar e/ou facilitar o ensino e o aprendizado do conceito de força de maneira inteiramente remota e suportada por dispositivos consideravelmente simples, como um celular de configurações básica. Ressalva-se que essa proposta não exige limitar-se à aplicações exclusivamente remotas, sendo facilmente adaptáveis para metodologias híbridas e/ou presenciais.

Dessa forma, essa proposição didática espera compor e inspirar novas aborgagens didáticas eficazes e motivadoras – de física e ciências – com o auxílio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A Sequência Didática que segue é uma propositura que se estrutura a partir das ideias da Teoria Social Cognitiva, de Albert Bandura (1986), e leva em conta, principalmente, os processos de modelagem e a intenção de produzir maiores ou melhores crenças de autoeficácia em aprender física. Assim, a estratégia é composta por um texto (que se divide em seções ou aulas), dois vídeos explicativos de aproximadamente vinte minutos cada e duas atividades no formato de formulário *on-line*, que proporcionam um *feedback* (em vídeo) quando uma resposta errada é enviada pelo estudante.

Salientamos que:

- i) os textos e os vídeos apesar de terem sido desenvolvidos para os estudantes acessarem assíncronamente, não se exclui a necessidade do acompanhamento e da eventual exposição por parte do professor responsável;
- ii) a versão do texto aqui disponibilizada deve ser utilizada pelo professor de acordo com suas possibilidades e intenções. Como a proposta é fornecer os elementos mais essenciais para a compreensão do conceito de força, o docente poderá ou não lançar mão de outros materiais complementares e suplementares;
- iii) os textos foram desenvolvidos com uma linguagem simples, almejando ser compreensível para estudantes da Educação Básica que venham a ler sem acompanhamento. Acrescenta-se, ainda, que os textos trazem conceitos importantes e temas interessantes suscetíveis ao debate, particularmente, sobre aspectos históricos e característicos da natureza e do desenvolvimento científico.
- iv) os vídeos são densos e necessitam alguma discussão prévia. Por isso, os



vídeos são indicados após alguma introdução, que nesse caso, recomendamos basear-se na discussão e na leitura dos textos. Os vídeos recaptulam muitos pontos do texto e avançam na explicação do conceito de força.

- v) sugerimos, ainda, que o professor desenvolva, inicialmente, atividades pedagógicas baseadas nas seções do texto. Seguido da aplicação do vídeo 1 juntamente com a Atividade 1 e, posteriormente, da aplicação do vídeo 2 juntamente com a Atividade 2.
- vi) entendemos que a compressão conceitualmente correta e epistemologicamente coerente (com essa área da ciência) é primordial. Os detalhes das formulações matemáticas e a convencional estratégia de resolução de exercícios matemáticos devem ficar a cargo das aulas presenciais ou síncronas, bem como do uso do livro didático adotado pelo docente, e dos objetivos de aprendizagem da unidade de ensino.
- vii) Em síntese, propomos que se compreenda as implicações das crenças de autoeficácia no desempenho dos estudantes e a estratégia de modelagem estabelecida aqui por meio das TICs, podem auxiliar tanto no uso desse produto, como no desenvolvimento da disciplina como um todo. Nesse sentido, salientamos a importância do modelo, dos materiais aos quais os estudantes terão contato e de onde tirarão as informações necessárias para compreender o conteúdo. Igualmente, é relevante a aplicação de avaliações formativas contínuas, as quais podem atuar como fontes de regulação dos conhecimentos e estratégias de pensamento, bem como proporcionadoras de experiências positivas sobre o conteúdo, promovendo a autoeficácia dos educandos.

## Força: a síntese newtoniana

Segundo Goldstein (2001, p. 1),

O movimento dos corpos materiais foi o assunto de algumas das primeiras pesquisas realizadas pelos pioneiros da física. De seus esforços, desenvolveu-se um vasto campo conhecido como mecânica analítica ou dinâmica, ou simplesmente, mecânica. No século presente, o termo "mecânica clássica" passou a ser amplamente utilizado para denotar este ramo da física em contraste com as teorias físicas mais recentes, especialmente a mecânica quântica<sup>2</sup>.

Do ponto de vista histórico, coube a Isaac Newton (1643 - 1727) o desenvolvimento da síntese teórica que superava as divergências entre as correntes da física matemática fundadas por Johannes Kepler (1571 - 1630) e Galileu Galilei (1564 - 1642), e da filosofia mecânica que tinha René Descartes (1569 - 1650) como principal representante. Com relação à física matemática, foi necessário superar o patamar da mera descrição de regularidades matemáticas espaço-temporais. E com relação à filosofia mecânica, foi necessário superar a ideia de que a causação física se restringia ao contato direto entre corpos (POLITO, 2016), ideia problemática que se arrastava desde a antiguidade, especialmente, por constar na teoria aristotélica sobre o movimento.

Em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, editada em 1687, Newton propõe modificações conceituais importantes que serão basilares para o desenvolvimento da Mecânica como um todo – sobretudo no modelo clássico. Dentre essas modificações, destacam-se: (i) a precisa definição matemática de força; (ii) a transformação de seu estatuto ontológico (agora de agente causal); (iii) a relação da força com o conceito de massa (inercial) – isso anteriormente era confundido com o que seria o peso (POLITO, 2016). Entre as implicações da teoria newtoniana, uma das mais radicais foi estabelecer um conjunto de leis gerais como base para a explicação dos fenômenos celestes e terrestre. A Teoria da Gravitação Universal, de fato, unificou o que antes seriam os mundos Sublunar e Supralunar.

O desenvolvimento da mecânica nos anos seguintes ocorreu na esteira das

---

<sup>2</sup> *The motion of material bodies formed the subject of some of the earliest research pursued by the pioneers of physics. From their efforts there has evolved a vast field known as analytical mechanics or dynamics, or simply, mechanics. In the present century the term "classical mechanics" has come into wide use to denote this branch of physics in contradistinction to the newer physical theories, especially quantum mechanics* (GOLDSTEIN, 2001, p. 1).

ideias lançadas nos *Principia*. Como exemplo, podemos citar, as contribuições de Leonard Euler (1707 - 1783) no tratamento de movimentos de rotação, e por sua introdução da noção vetorial à mecânica - principal formulação no qual a teoria newtoniana é apresentada em cursos básicos e introdutórios de física. As reduções operadas no século XVIII estabeleceram a nova categoria nomeada *dinamicismo*, que a partir de um formalismo abstrato, pavimentou o caminho para a superação da visão de mundo mecanicista, por meio do estabelecimento de conceitos fundamentais como o de energia. Dessa forma, a formulação newtoniana alicerça os princípios sobre os quais prosperam parte substancial da física clássica (como a termodinâmica e o eletromagnetismo) e, em certa medida, de outras áreas das ciências da natureza.

Destarte, a teoria newtoniana desempenhou um papel basilar no desenvolvimento da Mecânica e, direta ou indiretamente, no desenvolvimento das áreas modernas e contemporâneas da física, mesmo quando, por vezes, esteve entrelaçada aos paradigmas a serem superados. Mesmo assim, a despeito da importância histórica, conceitual e epistemológica dessa teoria, é recorrente na literatura as dificuldades encontradas na transposição desse conhecimento para estudantes do nível básico de ensino. Comumente, essa teoria é apresentada como um formalismo acabado, segmentado e sem historicidade (ROCHA, 2002).

Cabe, então, uma proposta didática que contextualize a importante teoria newtoniana, demonstrando sua relação com a história das civilizações que desde a antiguidade se debruçaram e, em certo sentido, falharam em compreender o movimento e o cosmos. Apontando assim a relevância dessa teoria que, com sua precisa formulação, suscitaram avanços científicos e tecnológicos que até o dias atuais não se exauriram os desdobramentos. Assim, o produto abaixo apresenta a teoria newtoniana por meio da perspectiva do desenvolvimento histórico-conceitual da mecânica, perpassando pela formulação vetorial da mesma.

## Sequência Didática Proposta

|   |  |
|---|--|
| <b>PRIMEIRO E<br/>SEGUNDO<br/>ENCONTRO</b>    |  |
| <b>DURAÇÃO</b>                                | Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula <sup>3</sup> )  |
| <b>PERGUNTAS<br/>MOTIVADORAS</b>              | Como se explica os fenômenos da natureza? Existem diferentes formas de pensar o mesmo fenômeno natural (dia e noite, chuva, frio e calor, fases da lua, eclipses, movimento dos astros, aquecimento global, etc.)?   |
| <b>OBJETIVOS<br/>(memorizar)</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento;</li> <li>• Distinguir mitologia, filosofia e ciência;</li> <li>• Identificar o surgimento da filosofia natural;</li> <li>• Reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega.</li> </ul> |
| <b>METODOLOGIA</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural”.</li> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta)</li> </ul>  |
| <b>ATIVIDADE<br/>(AVALIAÇÃO<br/>PROPOSTA)</b> | <b>Questionário 1</b><br><a href="https://docs.google.com/forms/d/1gTLk69PjBM7IO8SaW7KsF1GVPoi63warOQavP0yoHHo/">https://docs.google.com/forms/d/1gTLk69PjBM7IO8SaW7KsF1GVPoi63warOQavP0yoHHo/</a>   |

<sup>3</sup> Conforme a Matriz Curricular para o Ensino Médio, que determina que para o turno diurno o módulo-aula é de 50 minutos, conforme descrito no Parecer nº 62/99 – do Conselho de Educação do Distrito Federal - CEDF.

# Seção 1) Questionário 1 - Mitologia e Filosofia Natural

As perguntas estão de acordo com o texto "Capítulo 1 - Mecânica - Introdução à filosofia natural". Sempre teremos questionários para exercitar e avaliar a aprendizagem em cada texto.

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

---

2. Digite seu nome completo: \*

---

Seção 2 ) Com relação ao que foi discutido no Meet e ao texto disponibilizado:

Lembre-se que os exercícios são parte fundamental do processo de aprendizagem de vocês. Então levem a sério. Respondam com dedicação. Quero suas palavras, copiar é inaceitável. :)

3. 1) Comente o que achou do texto. \*

---

---

---

---

---

4. 2) Explique (brevemente) o que é a mitologia e como ela ajudou os povos antigos a entenderem o mundo, a Natureza.

---

---

---

---

---

5. 3) Surgiu na Grécia Antiga um tipo de conhecimento que não se baseava mais nas lendas. Esse conhecimento que buscava explicações naturais para os acontecimentos/fenômenos é chamado de:

*Marcar apenas uma oval.*

- Mitologia
- Ciência
- Religião
- Filosofia
- Outro: \_\_\_\_\_

6. 4) Comente sobre as diferenças entre o conhecimento Mitológico e Filosófico. \*

---

---

---

---

---

7. 5) Natureza é uma palavra (que vem do grego physis) e se refere:

*Marcar apenas uma oval.*

- Aos animais e plantas somente
- Ao mundo físico, ou seja, ao Universo como um todo
- Outro: \_\_\_\_\_

8. 6) Tales de Mileto foi considerado: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Um teólogo
- O primeiro cientista
- Um filósofo pós-socrático
- Um filósofo natural. Isto é, que discutia sobre a Natureza.
- Um governante influente
- Outro: \_\_\_\_\_

9. 7) Muitos filósofos pré-socráticos investigavam sobre a origem das coisas. Boa parte deles imaginavam que haveria uma substância primordial que geraria tudo que existe. Chamamos esse "princípio de tudo" de "Arché". Qual era a Arché de Tales?

*Marcar apenas uma oval.*

- O Átomo;
- Os quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo;
- O Fogo;
- O Éter;
- A Água;
- Outro: \_\_\_\_\_

10. 8) O que significa dizer que a filosofia sobre a Natureza (ou seja, a Filosofia Natural) buscava explicações através de Causas Naturais? \*

---

---

---

---

---

11. 9) Com as suas palavras, explique o que significa dizer que a Física é uma Ciência da Natureza. \*

---

---

---

---

---

12. 10) Comente sobre a importância da Ciência no desenvolvimento da humanidade. \*

---

---

---

---

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários



## GABARITO DO QUESTIONÁRIO 1

### Questão 1.

**Resposta:** Resposta pessoal.

### Questão 2.

**Resposta:** Resposta aberta. Sugestão de resposta: É extremamente importante analisar cada mito em seu contexto (linguístico, social, religioso, etc), evitando reduzi-los a uma descrição literal de acontecimentos. Assim, podemos afirmar que os mitos são constituídos por alegorias que, por sua vez, são formadas de metáforas. As narrativas mitológicas fizeram e fazem parte da tradição de vários povos, contribuindo na reafirmação de valores morais, éticos e religiosos, além de carregarem explicações cosmológicas sobre, por exemplo, o início de tudo, a existência ou não de um ou mais criadores do cosmos, o surgimento dos seres vivos, entre outras coisas. Um conjunto de mitos de um povo (ou o estudo deste) pode ser identificado como mitologia.

### Questão 3.

**Resposta:** Filosofia.

### Questão 4.

**Resposta:** Resposta pessoal. Sugestão de resposta: os mitos são formados por alegorias e metáforas, geralmente buscando explicações míticas ou da intervenção divina para os fenômenos da natureza. Já a filosofia busca (principalmente por meio da observação) uma explicação lógica e causas naturais para os fenômenos.

### Questão 5.

**Resposta:** Ao mundo físico, ou seja, ao Universo como um todo.

### Questão 6.

**Resposta:** Um filósofo natural. Isto é, que discutia sobre a Natureza.

### Questão 7.

**Resposta:** A água.

**Questão 8.**

**Resposta:** Resposta pessoal. Sugestão de resposta: a filosofia natural buscava respostas para os fenômenos naturais dentro da própria natureza, pelo funcionamento (e interação entre) os elementos da natureza. Em outras palavras, sem recorrer ao uso de mitos e ou à vontade de divindades.

**Questão 9.**

**Resposta:** Resposta pessoal. Sugestão de resposta: significa dizer que a Física é uma Ciência e, por isso, difere da Mitologia e Filosofia. Dentre as principais distinções podemos citar que a metodologia científica da Física em boa parte baseia-se na análise quantitativa de parâmetros da natureza, além de apoiar-se em constatações experimentais.

**Questão 10.**

**Resposta:** Resposta pessoal.

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>TERCEIRO E QUARTO ENCONTRO</b>     |   |
| <b>DURAÇÃO</b>                        | Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)   |
| <b>PERGUNTA MOTIVADORA</b>            | Quem foi Aristóteles? Conhece alguns de seus pensamentos?   |
| <b>OBJETIVOS (Compreender)</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar desenvolvimento do conhecimento acadêmico;</li> <li>• Demonstrar principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo);</li> <li>• Relacionar a relevância histórica e conceitual da teoria aristotélica à história ocidental;</li> <li>• Associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica.</li> </ul> |
| <b>METODOLOGIA</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles”.</li> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta)</li> </ul>  |
| <b>ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)</b> | <b>Questionário 2</b><br><a href="https://docs.google.com/forms/d/1cDqFn4imECZPf0xQqoV4RyUbKefXbNw-5dBjlg1D43Q/">https://docs.google.com/forms/d/1cDqFn4imECZPf0xQqoV4RyUbKefXbNw-5dBjlg1D43Q/</a>  |

# Seção 1) Questionário 2 - Filosofia Natural e Aristóteles

Com base no texto "Cap 2 - Mecânica - Filosofia Natural e Aristóteles" e o slide postado pelo professor responda as perguntas acerca da vida e obra aristotélica (lembre-se de citar quaisquer fontes que utilizar, trechos copiados e colados serão desconsiderados).

---

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

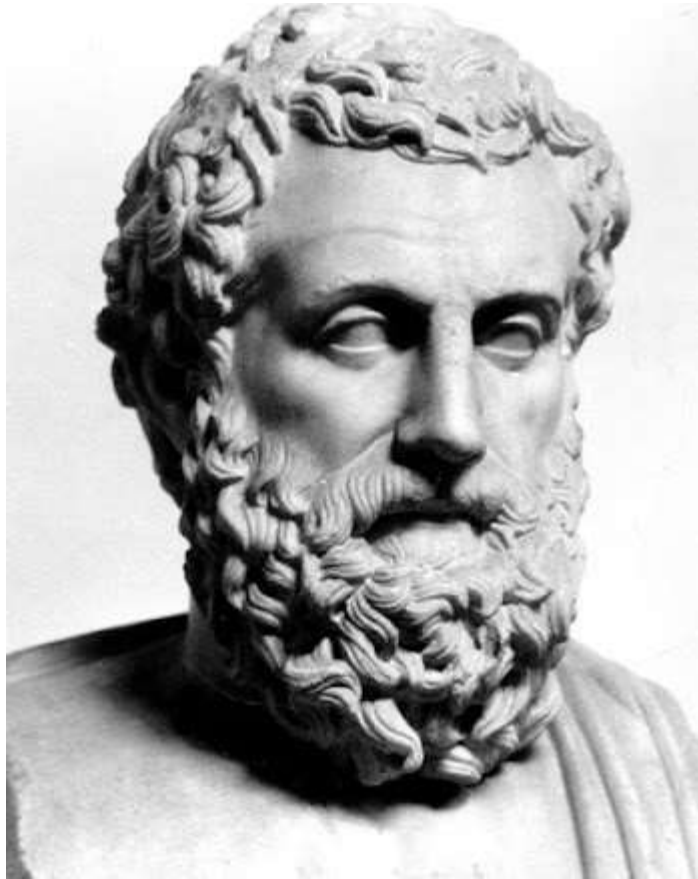
---

2. Digite seu nome: \*

---

Seção 2)

## 3. 1) Quem foi Aristóteles? \*



- 
4. 2) Aristóteles escreveu sobre muitos assuntos, sendo muito influente na maioria deles. Sua filosofia natural acerca da constituição dos corpos era diferente, por exemplo, da de Tales de Mileto. Aristóteles se baseou no seguinte filósofo pré-socrático: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Demócrito de Abdera (teoria do átomo, partículas minúsculas e indivisíveis)
- Tales de Mileto (a água como elemento primordial)
- Xenófanes de Cólofon (a terra como primordial)
- Heráclito de Éfeso (o fogo como primordial)
- Anaxímenes de Mileto (o ar como elemento primordial)
- Empédocles de Agrigento (o fogo, o ar, a água e a terra como os 4 elementos primordiais)

5. 3) Explique brevemente, e com suas palavras, a teoria aristotélica da Composição da Matéria.

---



---



---



---



---

6. 4) Quais eram os dois tipos de movimento que Aristóteles afirmou existir? E o que eles tem a ver com a composição material dos corpos (isto é, se tem terra, ou água...)?

---



---



---



---



---

7. 5) Tendo a resposta da questão 5 em mente, a teoria aristotélica afirma que: \*

*Marcar apenas uma oval por linha.*

|           | É de todo pesado (a)  | É de todo leve        | É pesado (a)          | É leve                |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| O fogo é  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| O ar é    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| A água é  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| A terra é | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

8. 6) Essa teoria dos movimentos ajuda a explicar por que os corpos caem? Explique brevemente.

---

9. 7) Aristóteles notou que o movimento dos astros eram muito diferentes dos movimentos terrenos e por isso afirmou existir uma quinta essência. O que é o Éter na teoria aristotélica? \*

*Marcar apenas uma oval.*

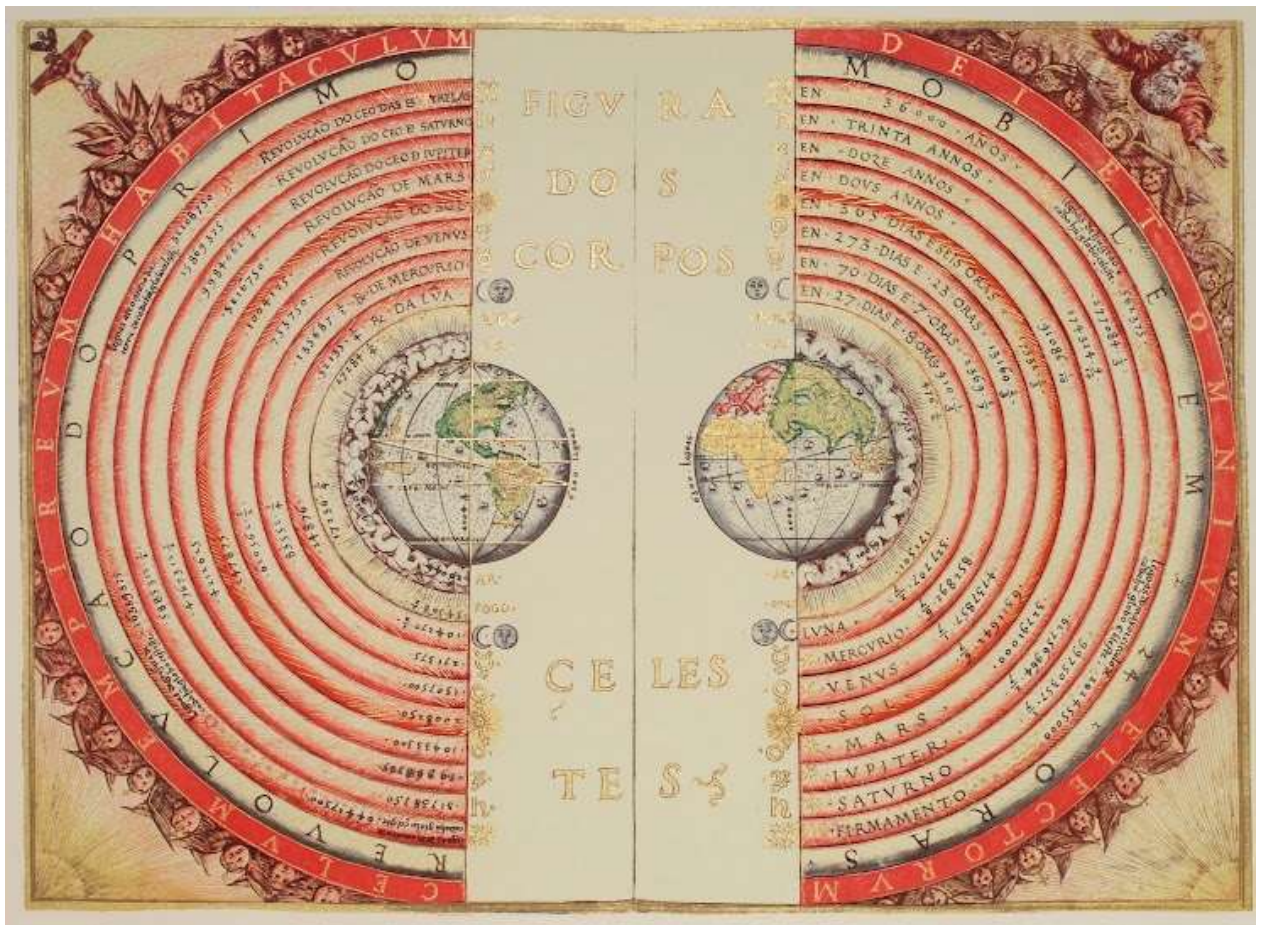
- Elemento primordial terreno (Mundo Sublunar)
- Elemento não primordial terreno (Mundo Sublunar)
- Elemento primordial existente apenas no mundo celeste (Mundo Supralunar)
- Elemento primordial mais leve que o fogo.

10. 8) Aristóteles acreditava que haviam dois mundos com regras naturais distintas. O mundo Sublunar (terreno) e o mundo Supralunar (celeste). Essa teoria era: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Geocêntrica (pois afirmava que a Terra estaria no centro do Universo)
- Heliocêntrica (pois afirmava que o Sol estaria no centro do Universo)
- Outro: \_\_\_\_\_

11. 9) A teoria de tudo de Aristóteles, ou seja, sua teoria acerca do Universo foi muito influente, sendo aderida por muitos povos no Ocidente. Explique o que seria a chamada Visão de mundo cristã-aristotélica e o que ela tem a ver com o surgimento da ciência. \*




---



---



---



---



---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários



## GABARITO DO QUESTIONÁRIO 2

### Questão 1.

**Resposta:** Resposta pessoal.

### Questão 2.

**Resposta:** Empédocles de Agrigento (o fogo, o ar, a água e a terra como os 4 elementos primordiais).

### Questão 3.

**Resposta:** Resposta pessoal. Resposta sugerida: A base material para os corpos do mundo sublunar seriam os quatro elementos: terra, água, ar e fogo. A composição específica de cada corpo lhes conferiria determinadas propriedades, a exemplo de ser pesado ou leve. Já os corpos celestes seriam constituídos por um elemento imutável, o Éter, que realizaria movimentos circulares em torno da Terra e com velocidade constante.

### Questão 4.

**Resposta:** Movimentos Natural e Violento. O Movimento Natural ocorreria para cima ou para baixo a depender do peso ou leveza do corpo, o que por sua vez, dependeria da sua composição. Da mesma forma, os corpos celestes (formados por Éter) estariam submetidos um movimento distinto (circular).

### Questão 5.

**Resposta:** O fogo é de todo leve. O ar é leve. A água é pesada. E a terra é de todo pesada.

### Questão 6.

**Resposta:** Os corpos cairiam para ocupar o seu Lugar Natural no universo. A terra, por exemplo, por ser o elemento mais pesado buscaria ocupar o centro do cosmos.

### Questão 7.

**Resposta:** Elemento primordial existente apenas no mundo celeste (Mundo Supralunar).

**Questão 8.**

**Resposta:** Geocêntrica (pois afirmava que a Terra estaria no centro do Universo).

**Questão 9.**

**Resposta:** Resposta pessoal. Resposta sugerida: Uma forma de compreender o mundo, a existência, a vida e a Natureza como um todo apoiada pela teoria aristotélica complementarmente aos ensinamentos bíblicos. Essa visão de mundo veio a estabelecer-se principalmente pela influência de estudos como o do influente filósofo católico Tomás de Aquino (1225 – 1274 d.C.).

| <b>QUINTO E<br/>SEXTO<br/>ENCONTRO</b>        |   |
|---|---|
| <b>DURAÇÃO</b>                                | Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)   |
| <b>PERGUNTAS<br/>MOTIVADORAS</b>              | Quem foi Galileu Galilei? Como você explicaria os movimentos?   |
| <b>OBJETIVOS<br/>(Analisar)</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das Ciências da Natureza (e a Física);</li> <li>• Diferenciar modelos de universo (geocêntrico e heliocêntrico);</li> <li>• Investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média.</li> </ul> |
| <b>METODOLOGIA</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 3 - Mecânica - Introdução à Cinemática”.</li> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta)</li> </ul>  |
| <b>ATIVIDADE<br/>(AVALIAÇÃO<br/>PROPOSTA)</b> | <b>Questionário 3</b><br><a href="https://docs.google.com/forms/d/1Cuu86jsrz0Hsd_EtP5g-Q4BFFeIXItfLkIVG4ajUQNs/">https://docs.google.com/forms/d/1Cuu86jsrz0Hsd_EtP5g-Q4BFFeIXItfLkIVG4ajUQNs/</a>  |

# Seção 1) Questionário 3 - Introdução à Cinemática

Essas questões baseiam-se no conteúdo do texto 03 (Cap3 - Mecânica - Introdução à Cinemática)

---

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

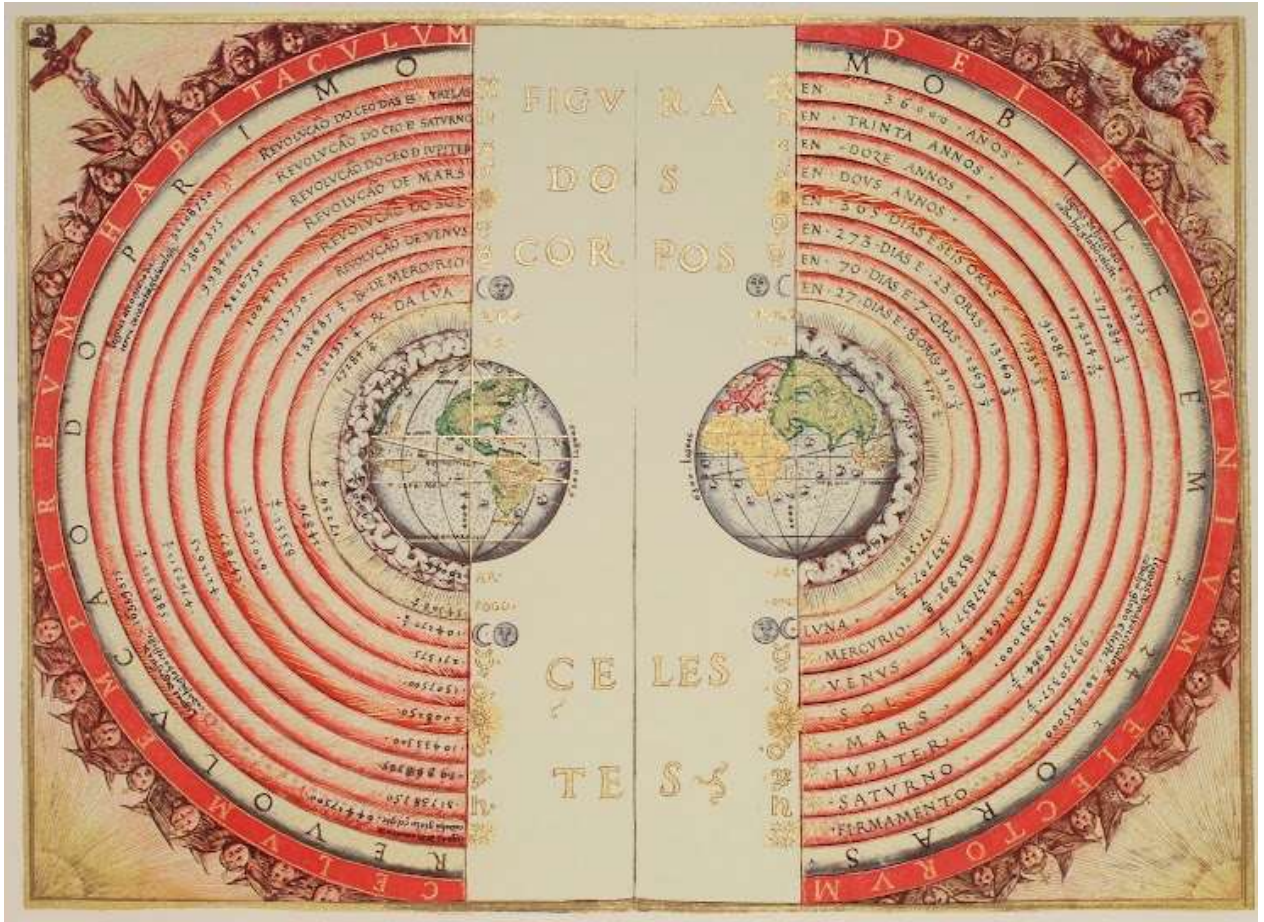
---

2. Digite seu nome completo \*

---

Seção 2) De acordo com o que vimos...

3. 1) Durante a Idade Média uma determinada visão de mundo era hegemônica no ocidente. A compreensão de como funcionava e se organizava o nosso Universo era baseada na teoria de um filósofo Grego. Quem foi esse filósofo que defendeu o Geocentrismo (Terra fixa no centro do Universo) e teve sua teoria superada apenas cerca de 2000 anos após sua morte?



Marcar apenas uma oval.

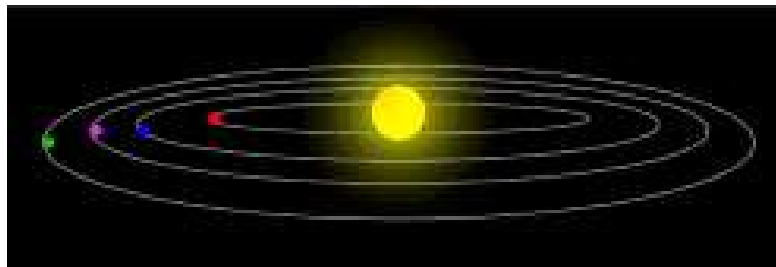
- Tales de Mileto
- Sócrates
- Platão
- Aristóteles
- Nicolau Copérnico
- Galileu Galilei

4. 2) Baseado nas informações contidas nos estudos Gregos e na teoria sobre a Natureza do filósofo da questão anterior, um matemático chamado Cláudio Ptolomeu criou um modelo geométrico do nosso Universo capaz de mapear e prever o movimento dos astros. Podemos afirmar que:

*Marcar apenas uma oval.*

- o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro) e geostático (Terra parada).
- o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro), mas ele acreditava que a Terra se moveria.
- o modelo de Ptolomeu era geostático (Terra parada), mas ele acreditava que a Terra não estaria no centro.

5. 3) Três matemáticos (que nasceram mais de 1500 anos depois de Cláudio Ptolomeu) foram importantes para a negação da visão de mundo cristã-aristotélica. Esses três estudiosos "colocaram" o Sol no centro do nosso Universo (Heliocentrismo), enquanto nosso planeta girava em torno dele. Quem foram esses três?



*Marcar apenas uma oval.*

- Tales de Mileto, Platão e Aristóteles
- Aristóteles, Alexandre e Cláudio Ptolomeu
- Nicolau Copérnico, Kepler e Galileu Galilei
- Cláudio Ptolomeu, Jean Buridan e Galileu Galilei
- Outro: \_\_\_\_\_

6. 4) Galileu iniciou um estudo matemático do movimento que continuou a ser desenvolvido por outros que hoje chamamos de Cinemática. Explique com suas palavras e de maneira objetiva o que é a Cinemática.



Galileu

---

---

---

---

---

7. 5) Explique com as suas palavras o conceito Referencial. Dê um exemplo em que a escolha de diferentes referenciais mudam a nossa interpretação do movimento de um corpo (lembre do exemplo dado no texto 3, sobre as paredes da sua casa).

---

*Pular para a pergunta 8*

Seção 3)  
Introdução  
à  
Cinemática

Calcule com cuidado. Essas questões baseiam-se no conteúdo do texto 03.

"Rosângela Cristina Oliveira Santos [...] é uma velocista brasileira, recordista sul-americana dos 100 m rasos e primeira brasileira a correr a distância em menos de 11 segundos, com a marca de 10.91 [segundos] conquistada na semifinal do Campeonato Mundial de Atletismo de 2017, em Londres." Fonte:

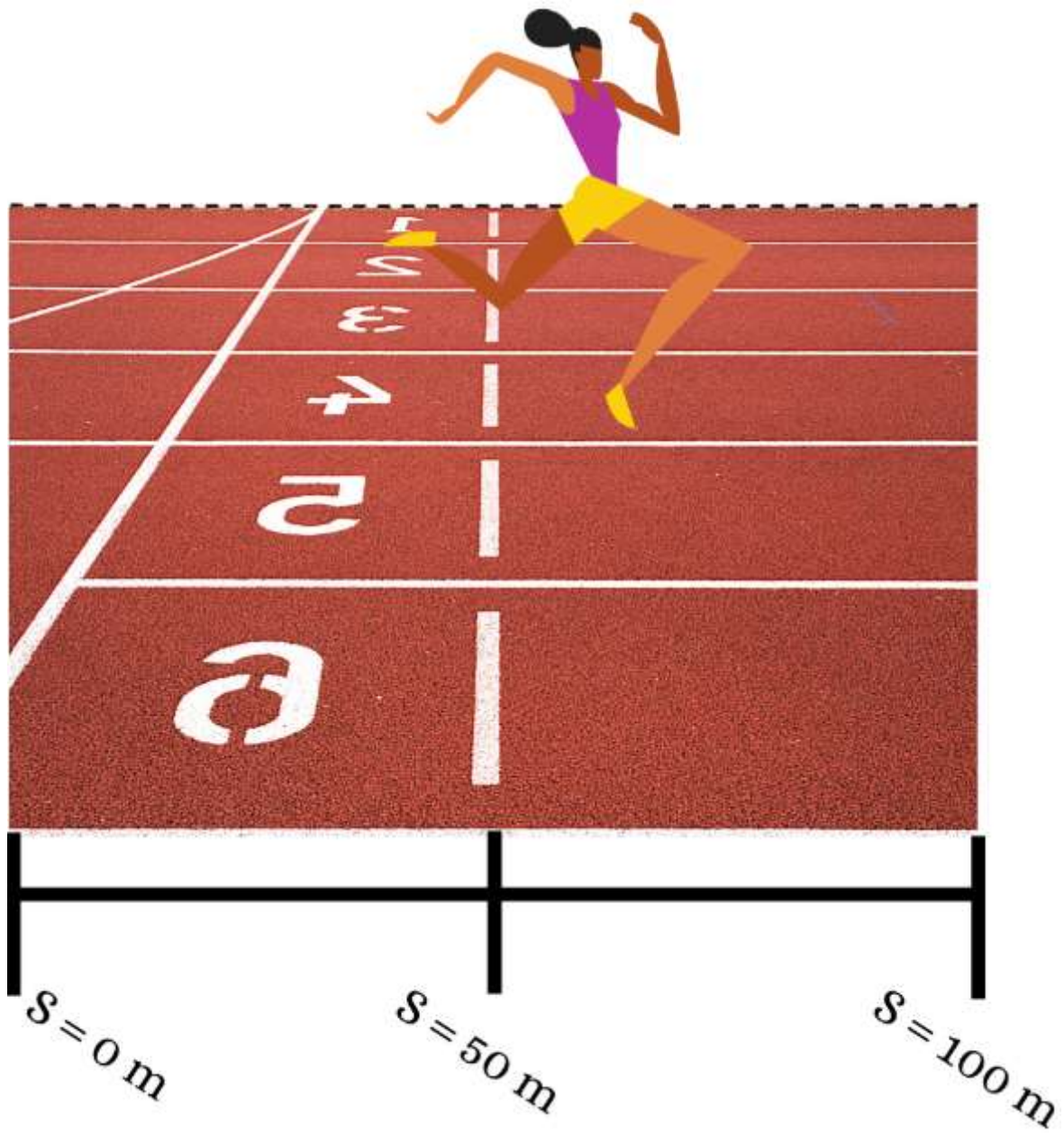
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A2ngela\\_Santos](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A2ngela_Santos)

### A medalhista olímpica Rosângela Santos





Considere o sistema de referência representado pela linha preta abaixo da figura. Essa será a "régua" (sistema de referência) para as questões a seguir.



8. 6) Como no exemplo da formiga (utilizado no texto 3), sempre utilizaremos uma "régua" (um sistema de referência) para saber qual a posição de um corpo. Sempre chamaremos o "zero da régua" de "origem do sistema de referencia", ou melhor, apenas de "origem". A origem é sempre a posição igual a zero ( $S = 0$  metros, centímetros ou quilômetros). Considerando a origem da pista de corrida como sendo a linha de largada. Qual a posição da linha de chegada? Dica: observe o texto sobre a Rosângela.

*Marcar apenas uma oval.*

- $S = 0$  metros
- $S = 50$  metros
- $S = 90$  metros
- $S = 100$  metros
- $S = 150$  metros

9. 7) Quando Rosângela Santos alcançou a linha de chegada, outra competidora ainda estava na metade da pista, chegando nos 100 metros apenas aos 13,51 segundos. Qual o deslocamento realizado por essa outra atleta no instante em que Rosângela terminava a prova?

*Marcar apenas uma oval.*

- $\Delta S = 0$  metros
- $\Delta S = 50$  metros
- $\Delta S = 90$  metros
- $\Delta S = 100$  metros
- $\Delta S = 150$  metros

10. 8) Considerando os textos acima responda. Em que instante de tempo Rosângela Santos alcançou a linha de chegada?

*Marcar apenas uma oval.*

- t = 0 segundos
- t = 5 segundos
- t = 10,91 segundos
- S = 100 segundos
- t = 10,91 minutos

11. 9) Caso Rosângela tenha continuado correndo durante mais 50 metros após a linha de chegada, alcançando os 150 metros em  $t = 15,97$  segundos. Durante quanto tempo ela percorreu esses últimos 50 metros?

*Marcar apenas uma oval.*

- $\Delta t = 5,06$  segundos
- $\Delta t = 2$  segundos
- $\Delta t = 10,91$  segundos
- $\Delta t = 15,97$  segundos
- $\Delta t = 15,97$  minutos

12. 10) Qual a velocidade média da outra corredora que chega ao final dos 100 metros em 13,51 segundos? Dica: veja o cálculo feito no final do texto 3.

*Marcar apenas uma oval.*

- $V_m = 7,4$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = 9,16$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = 10$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = -7,4$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = -9,16$  metros por segundo (m/s)

13. 11) Ainda considerando os textos acima responda. Qual a velocidade média de Rosângela quando consideramos que ela percorreu mais 50 metros? Veja os dados da questão 9.



Marcar apenas uma oval.

- $V_m = 7,4$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = 9,16$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = 9,39$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = -7,4$  metros por segundo (m/s)
- $V_m = -40$  metros por segundo (m/s)
14. 12) Caso Rosângela corra no sentido contrário, ou seja, comece na posição de 100 metros e termine a corrida na posição de 0 metros aos 10,91 segundos. Sua velocidade média continua a mesma? Justifique.

---

15. 13) O que significa dizer que a velocidade de algo é negativa? (Dica: se não for claro, pode pesquisar na internet, mas não copie).

---

---

---

---

---

16. 14) Questão desafio! Considere que a velocidade média de Rosângela em uma outra prova foi  $V_m = 9 \text{ m/s}$ . Note que essa velocidade está em metros por segundo, no nosso dia a dia costumamos utilizar a unidade de quilômetros por hora (km/h) para velocidade. Qual seria a velocidade média da corredora em quilômetros por hora (km/h)? Dica: você precisará transformar os metros em quilômetros e os segundos em horas. Digite o valor abaixo:

---

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

### GABARITO DO QUESTIONÁRIO 3

**Questão 1.**

**Resposta:** Aristóteles.

**Questão 2.**

**Resposta:** o modelo de Ptolomeu era geocêntrico (Terra no centro) e geostático (Terra parada).

**Questão 3.**

**Resposta:** Nicolau Copérnico, Kepler e Galileu Galilei.

**Questão 4.**

**Resposta:** A Cinemática é uma parte fundamental da Mecânica e da Física, onde se desenvolve a descrição matemática do movimento dos corpos.

**Questão 5.**

**Resposta:** O movimento é relativo. De modo que para descrever matematicamente um movimento necessitamos escolher um referencial (inercial). Muitas vezes nos podemos pensar no referencial como um corpo que servirá de base comparativa para o estudo de algum movimento. Um sistema de referência pode ser estabelecido, por exemplo, por meio de um sistema de coordenadas cartesianas, o que permite definir numericamente a posição, a velocidade, a aceleração e demais grandezas físicas de um corpo.

**Questão 6.**

**Resposta:**  $S = 100$  metros.

**Questão 7.**

**Resposta:**  $\Delta S = 50$  metros

**Questão 8.**

**Resposta:**  $t = 10,91$  segundos.

**Questão 9.**

**Resposta:**  $\Delta t = 5,06$  segundos.

**Questão 10.**

**Resposta:**  $V_m = 7,4$  metros por segundo (m/s).

**Questão 11.**

**Resposta:**  $V_m = 9,39$  metros por segundo (m/s).

**Questão 12.**

**Resposta:** Resposta pessoal. Resposta sugerida: o valor (módulo) da velocidade continua a mesma, porém com o sinal negativo, pois agora Rosângela corre no sentido contrário.

**Questão 13.**

**Resposta:** Resposta pessoal. Resposta sugerida: Significa que o corpo se move no sentido negativo estabelecido pelo sistema de referência em questão.

**Questão 14.**

**Resposta:** 32, 4 km/h.

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>SÉTIMO E OITAVO ENCONTRO</b>       |  |
| <b>DURAÇÃO</b>                        | Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)  |
| <b>PERGUNTAS MOTIVADORAS</b>          | Quais tipos de movimento existem? Todo movimento é idêntico ao outro?  |
| <b>OBJETIVOS (Aplicar)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional;</li> <li>• Demonstrar o conceito de aceleração média;</li> <li>• Calcular dois tipos de movimento: movimento uniforme (MU) e movimento uniformemente variado (MUV).</li> </ul> |
| <b>METODOLOGIA</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 4 - Mecânica – Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado”.</li> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta).</li> </ul>   |
| <b>ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)</b> | <p><b>Questionário 4</b></p> <p><a href="https://docs.google.com/forms/d/1sGZhJRMamyQ7HKKQe56DF-GLxfZGubmjGSpTYZmj5Go/">https://docs.google.com/forms/d/1sGZhJRMamyQ7HKKQe56DF-GLxfZGubmjGSpTYZmj5Go/</a></p>  |



# Questionário 4 - Cinemática Escalar

Com base na discussão feita pelo Meet. E os materiais disponibilizados pelo professor responda:

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

---

2. Digite seu nome completo \*

---

Cinemática

O que é isso?

3. 1) Com suas palavras explique o que é a Cinemática.

---

---

---

---

---

Vamos calcular...

Observe a figura abaixo. Ela é um pedaço do mapa da Ceilândia que mostra a linha do metrô cruzando a cidade. Cada bolinha azul, demarca a posição de cada uma das 5 estações do metrô (Terminal, C. Norte, C. Centro, Guariroba e C. Sul). Para resolver as seguintes questões, considere a estação Ceilândia Centro como a Origem ( $S = 0$  km) de um sistema de referência. Considere também, que o sentido norte é o sentido POSITIVO, e o sentido sul é o sentido NEGATIVO. Não confunda!!!



4. 2) Cada estação está a uma distância de um quilômetro (1 km) das estações vizinhas (de maneira que a distância entre o Terminal e a Est. C. Sul é 4 km). Sabendo que o sentido norte é o sentido positivo, qual é a posição da estação Ceilândia Norte? \*

Marcar apenas uma oval.

- $S = 2$  km
- $S = 1$  km
- $S = 0$  km
- $S = -1$  km
- $S = -2$  km

5. 3) Sabendo que cada estação está a uma distância de um quilômetro (1 km) das estações vizinhas (de maneira que a distância entre o Terminal e a Est. C. Sul é 4 km) e que o sentido norte é o sentido positivo, qual é a posição da estação Ceilândia Sul? \*

Marcar apenas uma oval.

- S = 2 km
- S = 1 km
- S = 0 km
- S = -1 km
- S = - 2 km

6. 4) Qual o deslocamento ( $\Delta S$ ) realizado por alguém que pega um vagão na Est. Ceilândia Sul e chega na Est. Ceilândia Norte? \*

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta S = 4$  km
- $\Delta S = 3$  km
- $\Delta S = 1$  km
- $\Delta S = - 3$  km
- $\Delta S = - 4$  km
- Outro: \_\_\_\_\_

7. 5) Caso essa pessoa resolva voltar, qual o deslocamento ( $\Delta S$ ) realizado ao pegar o vagão na Est. Ceilândia Norte e desembarcar na Est. Ceilândia Sul? \*

Marcar apenas uma oval.

- $\Delta S = 4$  km
- $\Delta S = 3$  km
- $\Delta S = 1$  km
- $\Delta S = - 3$  km
- $\Delta S = - 4$  km
- Outro: \_\_\_\_\_

8. 6) O Google Maps afirma que caso pegássemos o metrô hoje, demoraríamos certa de 15 minutos para cruzar todas as 5 estações (da Ceilândia Sul ao Terminal). Quanto equivale em horas esses 15 minutos? Dica: você pode usar uma regra de três.

*Marcar apenas uma oval.*

- 15 horas
- 0,5 hora
- 0,3 hora
- 0,25 hora
- 0,1 hora
- Outro: \_\_\_\_\_

9. 7) Calcule a velocidade média em quilômetros por hora (km/h) de alguém que vá da Ceilândia Sul ao Terminal em 15 minutos. Dica: cuidado com as unidades, use as informações da questão anterior. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- $V = 0,26 \text{ km/h}$
- $V = - 0,26 \text{ km/h}$
- $V = 8 \text{ km/h}$
- $V = - 8 \text{ km/h}$
- $V = 16 \text{ km/h}$
- $V = -16 \text{ km/h}$
- $V = 60 \text{ km/h}$
- $V = - 60 \text{ km/h}$
- Outro: \_\_\_\_\_

10. 8) Existem alguns vagões do metrô que são mais novos e por isso são mais rápidos também. Caso um vagão esteja a uma velocidade  $V = 20 \text{ km/h}$ , quanto essa velocidade irá equivaler em metros por segundo (m/s)? Digite o valor abaixo.

\_\_\_\_\_

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

**GABARITO DO QUESTIONÁRIO 4****Questão 1.**

**Resposta:** A Cinemática é uma parte fundamental da Mecânica e da Física, onde se desenvolve a descrição matemática do movimento dos corpos.

**Questão 2.**

**Resposta:**  $S = 1 \text{ km}$ .

**Questão 3.**

**Resposta:**  $S = - 2 \text{ km}$ .

**Questão 4.**

**Resposta:**  $\Delta S = 3 \text{ km}$ .

**Questão 5.**

**Resposta:**  $\Delta S = - 3 \text{ km}$ .

**Questão 6.**

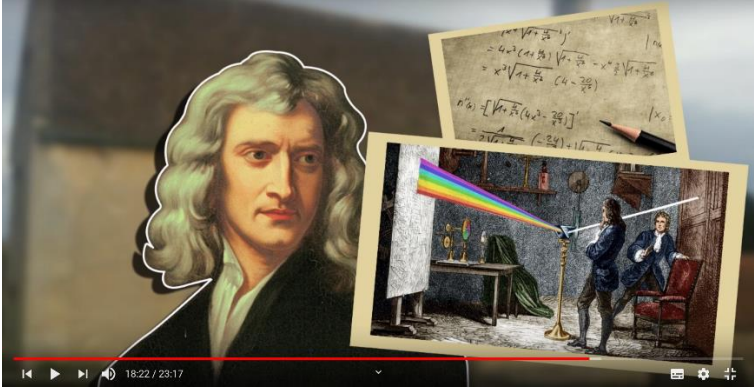
**Resposta:** 0,25 hora.

**Questão 7.**

**Resposta:**  $V = 16 \text{ km/h}$ .

**Questão 8.**

**Resposta:** aproximadamente 5,55 m/s.

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>NONO E DÉCIMO ENCONTRO</b>         |   |
| <b>DURAÇÃO</b>                        | Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)   |
| <b>PERGUNTAS MOTIVADORAS</b>          | Quem foi Isaac Newton? Você conhece alguma história ou conceito desse pensador?   |
| <b>OBJETIVOS (Avaliar)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar o conceito de Revolução Científica;</li> <li>• Explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal;</li> <li>• Justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.</li> </ul>  |
| <b>METODOLOGIA</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação e discussão sobre o texto “Capítulo 5 - Mecânica Newtoniana”.</li> <li>• Exposição do vídeo 1</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSyg">https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSyg</a></li> <li>• Aula expositiva sobre as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração.</li> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta).</li> </ul> |
| <b>ATIVIDADE (AVALIAÇÃO PROPOSTA)</b> | <b>Questionário 5</b><br><a href="https://docs.google.com/forms/d/1F5K4hMhJLuv-nrznk3wPpouWQeHupZDcVI9tpq3t7IM/">https://docs.google.com/forms/d/1F5K4hMhJLuv-nrznk3wPpouWQeHupZDcVI9tpq3t7IM/</a>  |

# Seção 1) Questionário 5 - Mecânica

Olá, pessoas. Esse questionário também faz parte da minha pesquisa de mestrado. Meu objetivo aqui é que vocês desenvolvam e verifiquem os conhecimentos obtidos no vídeo e no texto. É muito importante para mim que vocês resolvam individualmente e com bastante atenção. Obrigado pela participação! Abraço!

---

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

---

Com base no texto e no vídeo responda as seguintes questões.

2. 1) A Mecânica é uma parte muito importante da Física que estuda o movimento dos objetos. Marque abaixo quais as áreas do conhecimento que estiveram envolvidas no desenvolvimento da Mecânica antes desta se tornar uma área específica da ciência. \*

*Marque todas que se aplicam.*

Astronomia (estudo dos astros) e Cosmologia (estudo do Universo).

Matemática/Geometria

Engenharia

Construção de máquinas

Outro:  \_\_\_\_\_

Seção 2)



3. 2) Desde a Grécia Antiga, principalmente a partir do século nove (a.C), cada vez menos espaço havia para a compreensão mitológica. A busca por explicações sobre a origem das coisas, e do funcionamento do nosso mundo foi se tornando cada vez menos dogmática e dependente dos mitos. Ou seja, o conhecimento passou, cada vez mais, a tornar-se fruto de observações e interpretações lógicas. Dentre os filósofos gregos, um deles se tornou muito importante no estudo do movimento, pois elaborou uma teoria completa sobre a Natureza que demorou quase 2 mil anos para ser abandonada. Qual era o nome desse filósofo?

\*

*Marcar apenas uma oval.*

- Pitágoras
- Demócrito
- Heráclito
- Sócrates
- Platão
- Aristóteles
- Ptolomeu

Seção 3)

4. 3) Aristóteles escreveu sobre muitos assuntos, sendo muito influente na maioria deles. Sua teoria acerca da constituição dos corpos era diferente, por exemplo, da de Tales de Mileto (que achava que "tudo vinha da água"). Nesse aspecto, Aristóteles baseou sua teoria no seguinte filósofo grego: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Demócrito de Abdera (com a ideia do átomo, partículas minúsculas e indivisíveis da matéria)
- Pitágoras de Samos (com a ideia de que os números são a essência das coisas)
- Xenófanes de Cólofon (com a ideia da terra como elemento primordial)
- Heráclito de Éfeso (com a ideia do fogo como elemento primordial)
- Anaxímenes de Mileto (com a ideia do ar como elemento primordial)
- Empédocles de Agrigento (com a ideia do fogo, do ar, da água e da terra como os elementos primordiais)

Seção 4)

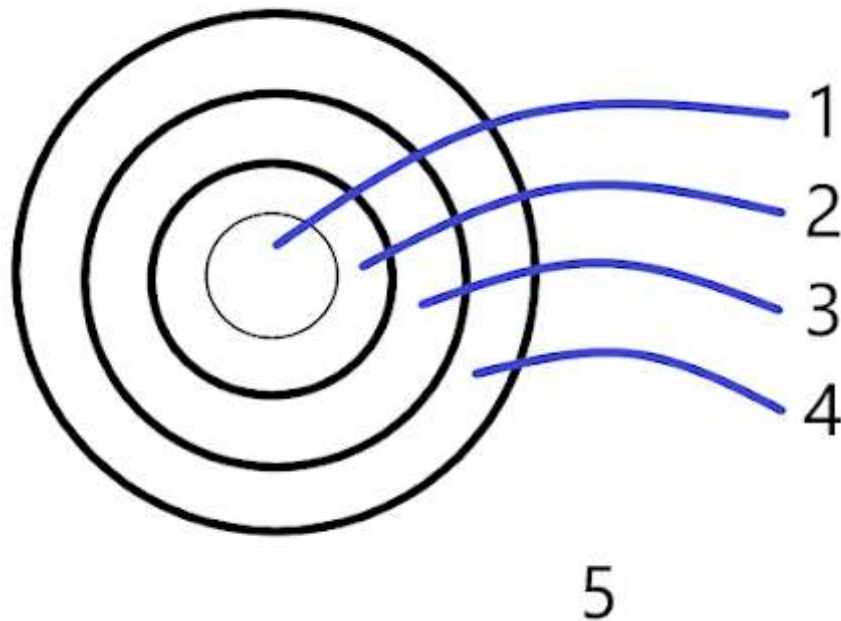
5. 4) A teoria aristotélica afirmava que as propriedades de um objeto (como de ser pesado, leve, seco, úmido, quente, frio, ...) dependeria de sua Natureza, ou seja, do que ele seria constituído. Ao observar os corpos celestes (Lua, Sol, estrelas e planetas) e notar que eles aparentavam ser muito diferentes dos corpos terrestre (Sublunares), o filósofo concluiu: os corpos celestes (Supralunares) são formados de um elemento diferente. Ele deu o nome desse elemento de: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Vácuo
- Éter
- Ápeiron (infinito)
- Arché
- Terra, água, ar e fogo

Seção 5)

6. 5) As observações de Aristóteles o levaram a acreditar que o Universo tem duas regiões com funcionamentos diferentes: o mundo terrestre (Sublunar) e o mundo celeste (Supralunar). Pensando no movimento dos corpos, ele afirmou que haveriam Locais Naturais, ou seja, lugares específicos do espaço para onde os corpos desejariam ir (e se moveriam sozinhos de acordo com sua leveza ou peso). Considerando que na figura abaixo o número 1 representa o centro do Universo, marque corretamente os quais seriam os Locais Naturais para cada um desses elementos (segundo a teoria aristotélica). \*



Marcar apenas uma oval por linha.

|       | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Terra | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Fogo  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ar    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Água  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Éter  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Seção 6)

7. 6) A teoria aristotélica separa o movimento dos corpos em: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Movimento Retilíneo e Movimento Circular
- Movimento Lento e Movimento acelerado
- Movimento Natural e Movimento Violento
- Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado
- Nenhum dos itens acima

Seção 7)

8. 7) Podemos afirmar que a teoria aristotélica tem 3 pontos importantes: 1º) A Composição da Matéria, 2º) O Movimento dos Corpos e 3º) A Estrutura do Universo. Resumidamente, esses 3 pontos da sua teoria dão resposta para três perguntas básicas: 1ª) do que os corpos são feitos? 2ª) como e porque os corpos se movem? 3ª) como se organiza nosso universo? Com relação à Estrutura do Universo, a teoria aristotélica afirma que: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- O Sol é móvel (se move) e está no centro do Universo
- A Terra é móvel (se move) e está no centro do Universo
- A Terra é imóvel (não se move) e está no centro do Universo  
*Pular para a pergunta 9*
- O Sol é imóvel (não se move) e está no centro do Universo

Seção 8)

9. 8) Desde a Antiguidade, o conhecimento astronômico foi essencial nas mais diversas civilizações. Seja como um guia para os navegantes ou para a contagem do tempo. A geometria e a matemática eram e são as ferramentas poderosas dos astrônomos. Na antiguidade se destaca o trabalho de Cláudio Ptolomeu. Esse sábio desenvolveu um sistema matemático incrivelmente preciso, capaz de descrever o movimento dos astros. Seu complexo modelo era baseado na teoria aristotélica. Por mais de 1000 anos, sua obra junto com a física de Aristóteles eram tidas como as absolutamente verdadeiras. Isso começa a mudar quando o astrônomo Copérnico (1473-1543) propõe um modelo Heliocêntrico. Com relação ao modelo de Copérnico marque a opção correta. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- O modelo Heliocêntrico de Copérnico apesar de matematicamente correto, foi inicialmente considerado um absurdo porque, entre outras coisas, parecia fisicamente impossível.
- O modelo de Ptolomeu e de Copérnico utilizavam o mesmo referencial, isto é, partiam da ideia de que o Sol está parado no centro e nos movemos em torno dele.
- O modelo de Ptolomeu e de Copérnico utilizavam o mesmo referencial, isto é, partiam da ideia de que a Terra está parada e os astros que se movem ao nosso redor.
- O modelo Heliocêntrico de Copérnico estava incorreto pois a gravidade de fato funciona como Aristóteles ensinava.
- O modelo de Ptolomeu é mais adequado do que de Copérnico, pois está de acordo com os livros da Bíblia.

Seção 9)

10. 9) Os trabalhos do matemático/astrônomo alemão Johannes Kepler foi essencial para a compreensão que começou a ser desenvolvida sobre a gravidade e o funcionamento do nosso sistema solar. De acordo com as Leis de Kepler é correto dizer que: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- As órbitas dos planetas em torno do Sol são circulares. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas são constantes ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta não depende da distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas variam ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).
- As órbitas dos planetas em torno do Sol são circulares. A velocidade dos planetas são constantes ao longo da trajetória. E o tempo que demora para completar uma volta não depende da distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).

Seção 10)

11. 10) Galileu foi condenado por heresia contra a Igreja por defender o Modelo Heliocêntrico de Universo elaborado por Copérnico. O físico defendia essa ideia pois seus estudos demonstravam que a mecânica aristotélica estava incorreta. Galileu estudou sistematicamente o movimento, e seus experimentos demonstravam que era essencial considerar a resistência do ar para compreendermos o movimento dos corpos na Terra. Com relação as constatações de Galileu, podemos afirmar que: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- As ideias de Movimento Natural e Violento estavam corretas. O que Galileu fez foi modificar seus nomes para Movimento Uniformemente Variado e Movimento Uniforme.
- As ideias de Movimento Natural e Violento não estavam corretas. Pois diferente do que os aristotélicos pensavam, eliminando a resistência do meio, quaisquer corpos cairiam com a mesma aceleração, e poderiam se moveriam horizontalmente apenas por Inércia.
- Apenas a ideia de Movimento Violento estava correta, pois seus experimentos demonstravam que os corpos não caem como a teoria aristotélica da gravidade afirmava.
- Apenas a ideia de Movimento Natural estava correta, pois seus experimentos demonstravam que os corpos precisavam de um agente externo para se manter em movimento.
- As ideias de Movimento Natural e Violento estavam corretas. O que Galileu fez foi melhorá-las, adicionando um tratamento matemático.

Seção 11)

12. 11) O conceito de Inércia é um dos mais importantes para a física. Ela aparece nos trabalhos de Galileu. Kepler também já tinha uma alguma noção sobre a Inércia. Newton mais a frente, utiliza esse conceito em sua 1ª lei do movimento (que depois ficou conhecida como 1ª Lei de Newton ou Lei da Inércia). A Inércia foi fundamental no debate sobre a Estrutura do Universo pois: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- ao contrário do que os aristotélicos pensavam, por mais rápido que seja o movimento do nosso planeta no espaço, todos os corpos tendem a manter sua velocidade no espaço, e por isso não podemos simplesmente ficar para trás quando o planeta se move. E isso fortaleceu o modelo heliocêntrico.
- se os corpos tendem a manter sua velocidade, isso evidencia que a Terra deve estar imóvel. Pois não há o que possa movê-la do centro. E isso fortaleceu o modelo geocêntrico.
- se os corpos tendem a manter sua velocidades, isso prova a existência do mundo supralunar, onde os astros sem movem em círculos constantemente. E isso fortaleceu o modelo geocêntrico.
- a existência da Inércia prova que os modelo geocêntrico precisava ser melhorado, a Terra está no centro, mas não parada.
- agora sabemos que os corpos além de se mover para seus Locais Naturais (Movimento Natural), se movem livremente pelo espaço (por inércia).

Seção 12)



13. 12) Os estudos de Galileu foram de fato muito importantes para nossa compreensão atual do movimento. Nós entendemos, por exemplo, que os corpos tem inércia, e que em queda livre os corpos caem com uma aceleração gravitacional  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . O estudo de Galileu também demonstrou que um movimento complexo, como o movimento de um projétil, pode ser explicado por meio da ocorrência de dois ou mais movimentos simples. Considere a figura abaixo, onde uma esfera rola em cima até atingir sua borda, caindo sem resistência do ar. Caso essa esfera tenha no início de sua queda uma velocidade horizontal de  $1 \text{ m/s}$ , o módulo ( $V$ ) da velocidade dessa esfera após cair por  $0,1$  segundos será aproximadamente: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- $V = 0 \text{ m/s}$
- $V = 0,98 \text{ m/s}$
- $V = 1 \text{ m/s}$
- $V = 1,4 \text{ m/s}$
- $V = 9,8 \text{ m/s}$

Seção 13)

14. 13) Isaac Newton é um dos cientistas mais importantes da história. Seus trabalhos foram muito importantes para o processo chamado de Revolução Científica. Considerando as suas importantes contribuições científicas, é correto dizer: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- que Newton foi genial pois demonstrou o correto funcionamento do movimento com o uso da matemática, alquimia e teologia.
- que sua Teoria da Gravitação Universal causou uma melhora na teoria de Aristóteles e Ptolomeu, estabelecendo que os movimentos dos astros não são circulares, mas elípticos.
- que sua Teoria da Gravitação Universal validou a existência dos mundos Sublunar e Supralunar, e outros planetas foram descobertos por conta de sua teoria.
- que somando os conhecimentos de Aristóteles e Newton temos uma explicação mais completa do Universo. Assim, a visão de mundo cristã-aristotélica permaneceu.
- que sua Teoria da Gravitação Universal causou um rompimento definitivo com a teoria de Aristóteles, estabelecendo uma nova compreensão da organização e funcionamento do nosso Universo, por meio de uma explicação mais adequada da gravidade.

Seção 14)

15. 14) Newton era um atomista, isto é, acreditava que a matéria é formada por átomos. Objetos extremamente pequenos e indivisíveis (que não se pode dividir ou quebrar) que se juntariam para formar todos os corpos que vemos no nosso dia a dia. Atualmente temos uma teoria bastante sofisticada sobre os átomos. Newton já tinha a noção de que a massa dos objetos está relacionada à sua quantidade de matéria (e em outras palavras, à sua quantidade de átomos). O que o cientista percebeu foi que toda matéria tem gravidade, isto é, que "matéria atrai matéria". Com relação a atração gravitacional entre dois objetos, podemos afirmar que: \*

*Marcar apenas uma oval.*

- quanto menor as massas dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois, independente da distância entre eles.
- quanto maior as massas e quanto maior a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.
- quanto menor as massas e quanto menor a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.
- quanto maior a massa dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois, independente da distância entre eles.
- Nenhuma das opções acima.

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

## GABARITO DO QUESTIONÁRIO 5

### Questão 1.

**Resposta:** Todos os itens.

### Questão 2.

**Resposta:** Aristóteles.

### Questão 3.

**Resposta:** Empédocles de Agrigento (com a ideia do fogo, do ar, da água e da terra como os elementos primordiais).

### Questão 4.

**Resposta:** Éter.

### Questão 5.

**Resposta:** Terra 1, Fogo 4, Ar 3, Água 2 e Éter 5.

### Questão 6.

**Resposta:** Movimento Natural e Movimento Violento.

### Questão 7.

**Resposta:** A Terra é imóvel (não se move) e está no centro do Universo.

### Questão 8.

**Resposta:** O modelo Heliocêntrico de Copérnico apesar de matematicamente correto, foi inicialmente considerado um absurdo porque, entre outras coisas, parecia fisicamente impossível.

### Questão 9.

**Resposta:** As órbitas dos planetas em torno do Sol são elípticas. A velocidade dos planetas varia ao longo da trajetória. E o tempo que demoram para completar

uma volta é proporcional à distância do planeta ao Sol (ou seja, do tamanho do semi-eixo maior dessa órbita).

**Questão 10.**

**Resposta:** As ideias de Movimento Natural e Violento não estavam corretas. Pois diferente do que os aristotélicos pensavam, eliminando a resistência do meio, quaisquer corpos cairiam com a mesma aceleração, e poderiam se mover horizontalmente apenas por Inércia.

**Questão 11.**

**Resposta:** ao contrário do que os aristotélicos pensavam, por mais rápido que seja o movimento do nosso planeta no espaço, todos os corpos tendem a manter sua velocidade no espaço, e por isso não podemos simplesmente ficar para trás quando o planeta se move. E isso fortaleceu o modelo heliocêntrico.

**Questão 12.**

**Resposta:**  $V = 1,4 \text{ m/s}$ .

**Questão 13.**

**Resposta:** que sua Teoria da Gravitação Universal causou um rompimento definitivo com a teoria de Aristóteles, estabelecendo uma nova compreensão da organização e funcionamento do nosso Universo, por meio de uma explicação mais adequada da gravidade.

**Questão 14.**

**Resposta:** quanto maior as massas e quanto maior a proximidade dos dois objetos, maior será a atração gravitacional entre os dois.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>DÉCIMO<br/>PRIMEIRO E<br/>DÉCIMO<br/>SEGUNDO<br/>ENCONTRO</b></p> |   |
| <p><b>DURAÇÃO</b></p>   | <p>Duas aulas (sendo 50 minutos cada aula)</p>  |
| <p><b>PERGUNTAS<br/>MOTIVADAS</b></p>                                   | <p>O que é uma Lei da Física? O que dizem as três Leis de Newton? O que faz um corpo ser acelerado?</p>   |
| <p><b>OBJETIVOS</b></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar as Leis de Newton;</li> <li>• Delimitar o conceito de força (newtoniana);</li> <li>• Correlacionar os parâmetros cinemáticos de velocidade e aceleração às leis de movimento newtoniana;</li> <li>• Justificar a importância, as possibilidades e os limites da teoria de Newton sobre o movimento e a Gravitação Universal.</li> </ul> |
| <p><b>METODOLOGIA</b></p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição e discussão sobre o vídeo 2</li> </ul> <div data-bbox="561 1263 1241 1617" data-label="Image"> </div> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=ClI30gNJGeA">https://www.youtube.com/watch?v=ClI30gNJGeA</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução de atividade (avaliação proposta).</li> </ul>                      |
| <p><b>ATIVIDADE<br/>(AVALIAÇÃO<br/>PROPOSTA)</b></p>                    | <p><b>Questionário 6</b><br/> <a href="https://docs.google.com/forms/d/1M5k59dfUSs7piy1DXOM3yWzzFbNTVaB1ko-F5RRdUa0/">https://docs.google.com/forms/d/1M5k59dfUSs7piy1DXOM3yWzzFbNTVaB1ko-F5RRdUa0/</a></p>   |

# Questionário 6

Atenção, em todas as questões estaremos assumindo que as direções para a direita e para baixo são positivas. Essa atividade serve de preparação para o Questionário 7.

---

O e-mail do participante (**null**) foi registrado durante o envio deste formulário.

**\*Obrigatório**

1. E-mail \*

---

2. Digite seu nome: \*

---

3. Qual sua turma? \*

*Marcar apenas uma oval.*

A

B

C

D

E

F

G

Seção sem título

4. 1) Com relação ao conceito de Inércia, podemos afirmar corretamente que: \* 100 pontos

*Marcar apenas uma oval.*

- Todos os corpos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.
- Apenas os corpos mais massivos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme
- Apenas os corpos menos massivos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme
- Nenhum corpo têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.

Seção sem título

5. 2) A força é: \* 100 pontos

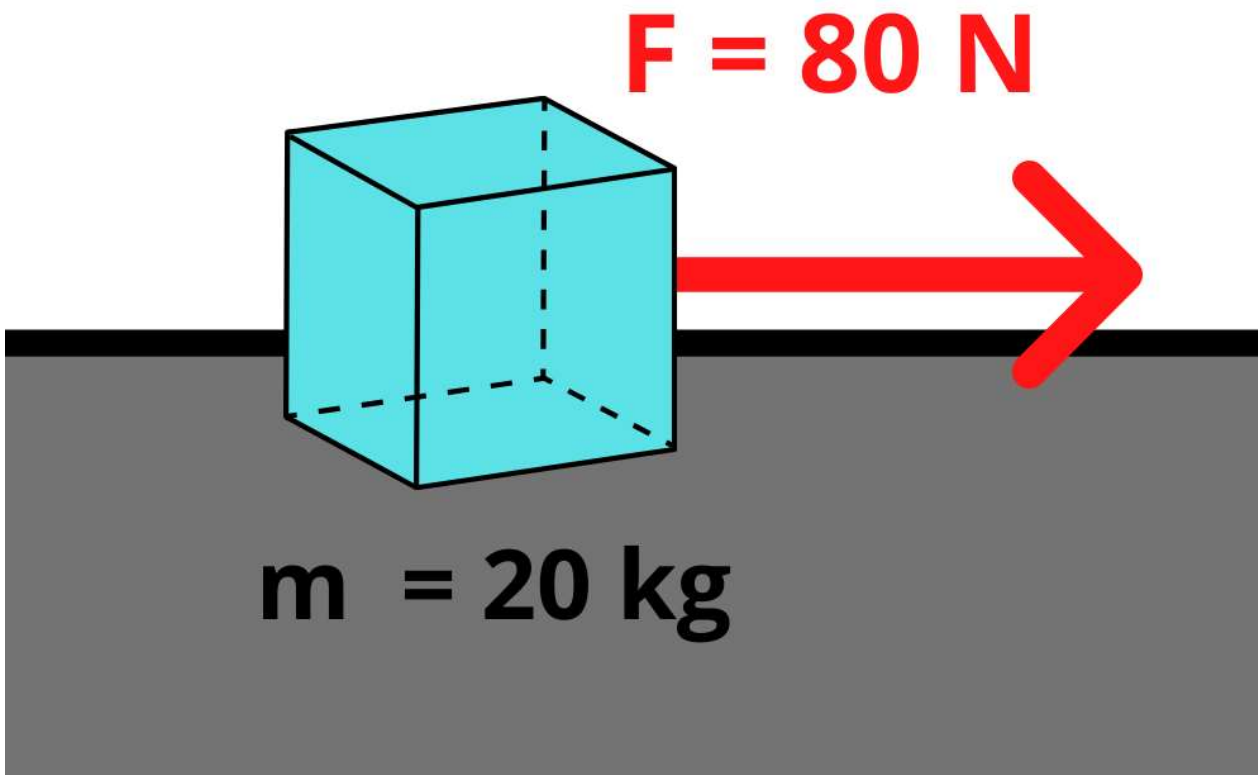
*Marcar apenas uma oval.*

- uma ação incapaz de tirar um corpo da inércia.
- a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo.
- a ação necessária para que um corpo tenha ou continue em movimento.
- a mesma coisa que a massa de um corpo.

Seção sem título



FIGURA 1



6. 3) Considere o bloco representado acima (FIGURA 1). Qual a aceleração (a) obtida por ele, sabendo que sua massa é igual a 20 quilogramas ( $m = 20 \text{ kg}$ ), e que ele está sob ação de apenas uma força  $F = 80 \text{ N}$  para a direita? \*

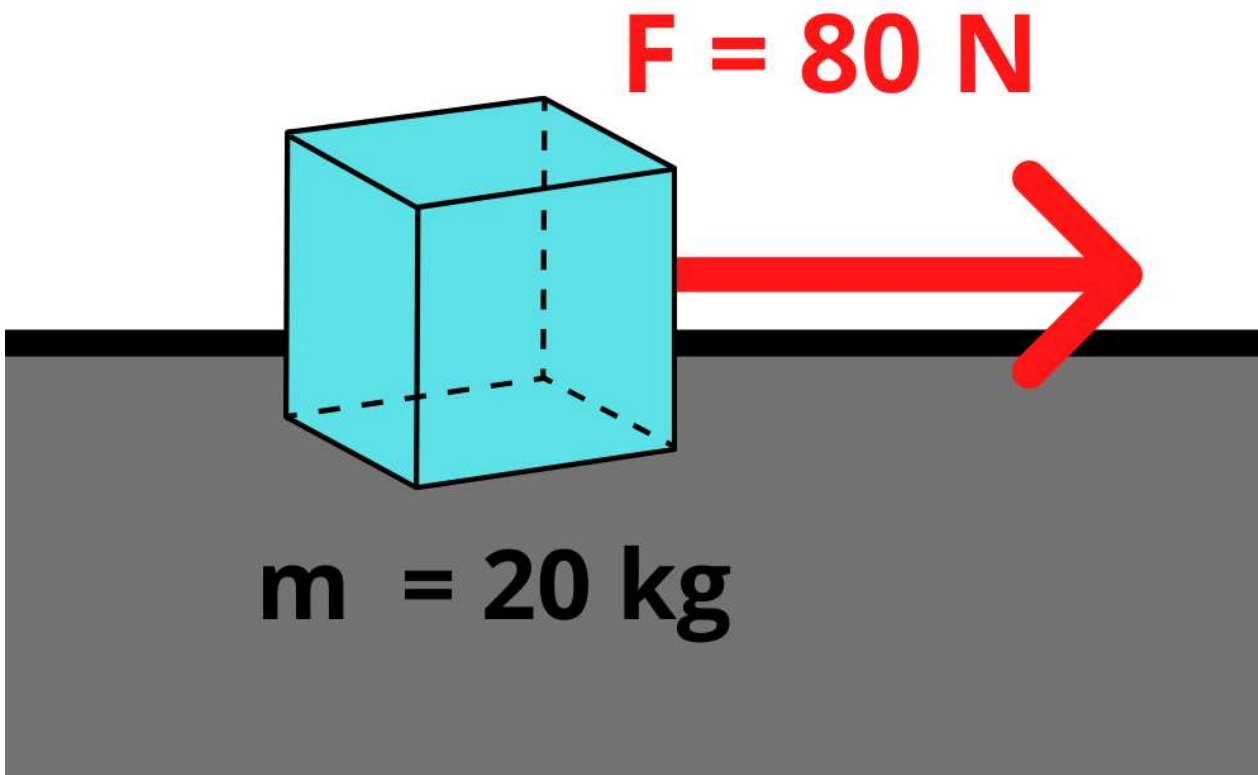
100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- 1  $\text{m/s}^2$
- 2  $\text{m/s}^2$
- 3  $\text{m/s}^2$
- 4  $\text{m/s}^2$

Seção sem título

FIGURA 1



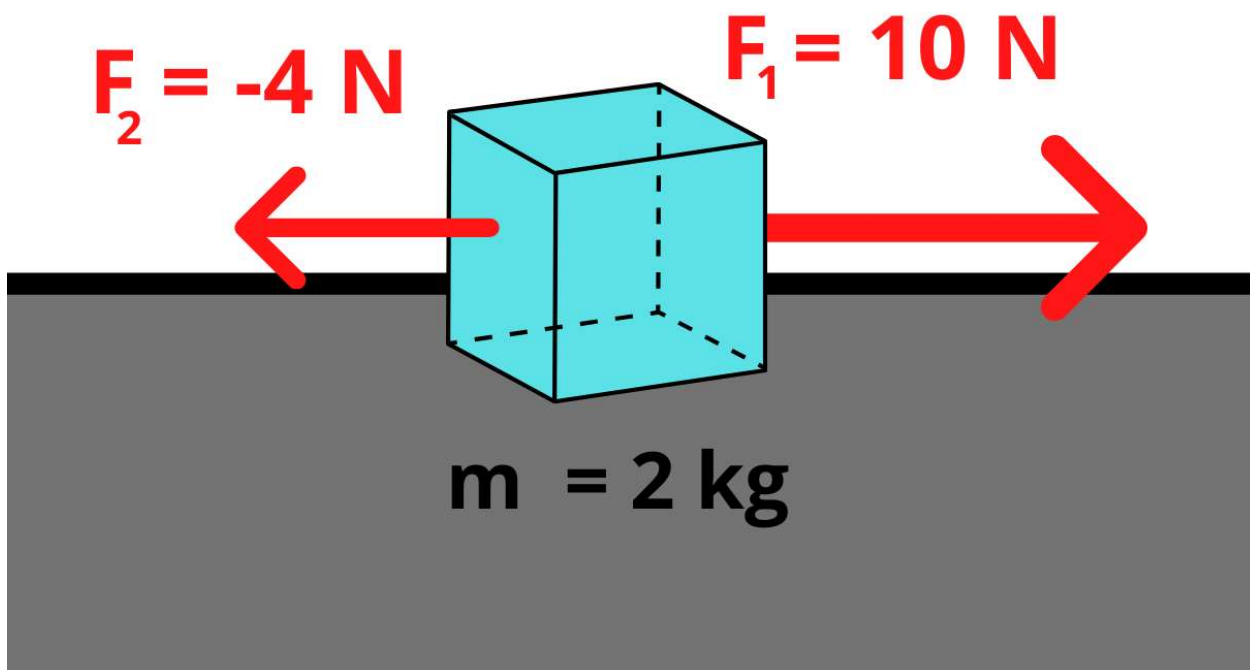
7. 4) Caso a mesma força  $F = 80 \text{ N}$  fosse aplicada a outro bloco com o dobro da massa, isto é,  $m = 40 \text{ kg}$ . A aceleração que ele obteria seria: \* 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- menor que a do bloco anterior ( $m = 20 \text{ kg}$ ).
- igual que a do bloco anterior ( $m = 20 \text{ kg}$ ).
- maior que a do bloco anterior ( $m = 20 \text{ kg}$ ).
- Outro: \_\_\_\_\_

Seção sem título

FIGURA 2



8. 5) Como representado na figura acima (FIGURA 2), considere um bloco de massa  $m = 2 \text{ kg}$ , que está sob ação de duas forças ( $F_1 = 10 \text{ N}$  e  $F_2 = -4 \text{ N}$ ). Adotando o sentido para a direita como positivo, e sendo essa superfície sem atrito, o valor Força Resultante ( $F_r$ ) sobre o bloco será: \*

Marcar apenas uma oval.

- $F_r = 10 \text{ N}$
- $F_r = -6 \text{ N}$
- $F_r = 6 \text{ N}$
- $F_r = 14 \text{ N}$

Seção sem título

9. 6) Agora, qual é o valor do seu Peso (P) do bloco, considerando que sua massa é igual a 20 quilogramas ( $m = 20 \text{ kg}$ ), e que ele esteja na superfície da Terra? Ou seja, que a aceleração gravitacional (g) seja  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . \*

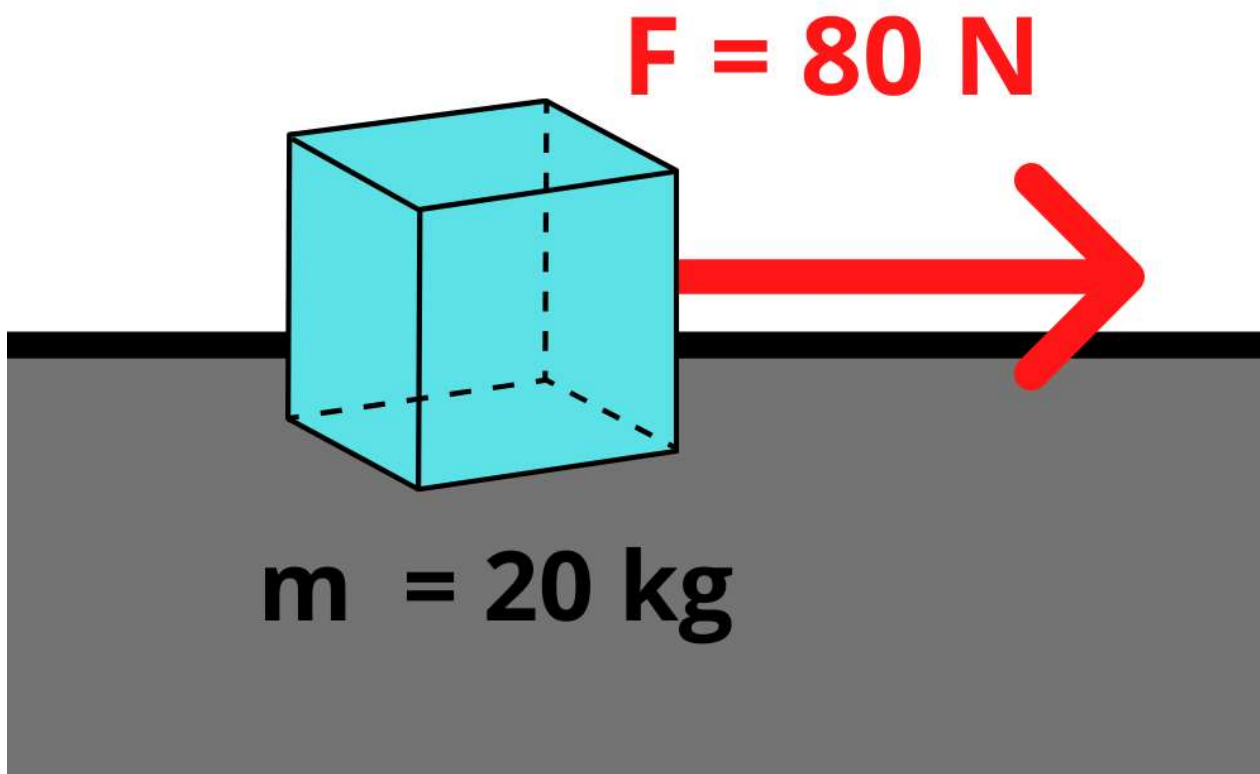
100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- P = 9,8 N
- P = 98 N
- P = 19,6 N
- P = 196 N

Seção sem título

FIGURA 1



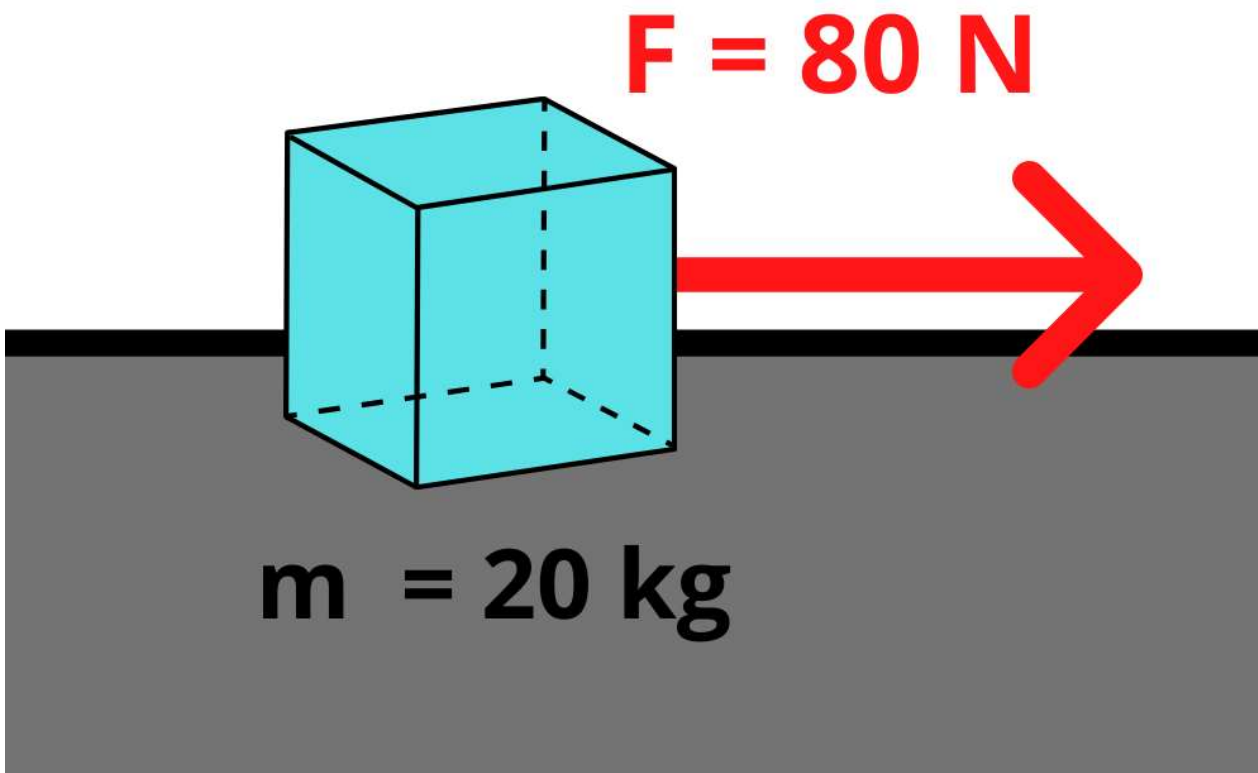
10. 7) Caso esse bloco esteja parado sobre o chão horizontal, podemos dizer que Força Normal que atua sobre ele tem: \* 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- o mesmo valor, direção e sentido de sua força Peso.
- o mesmo valor, mas direção e sentido diferentes ao seu Peso.
- o mesmo valor e direção, mas sentido contrário ao seu Peso.
- valor, direção e sentido diferentes ao seu Peso.

Seção sem título

FIGURA 1



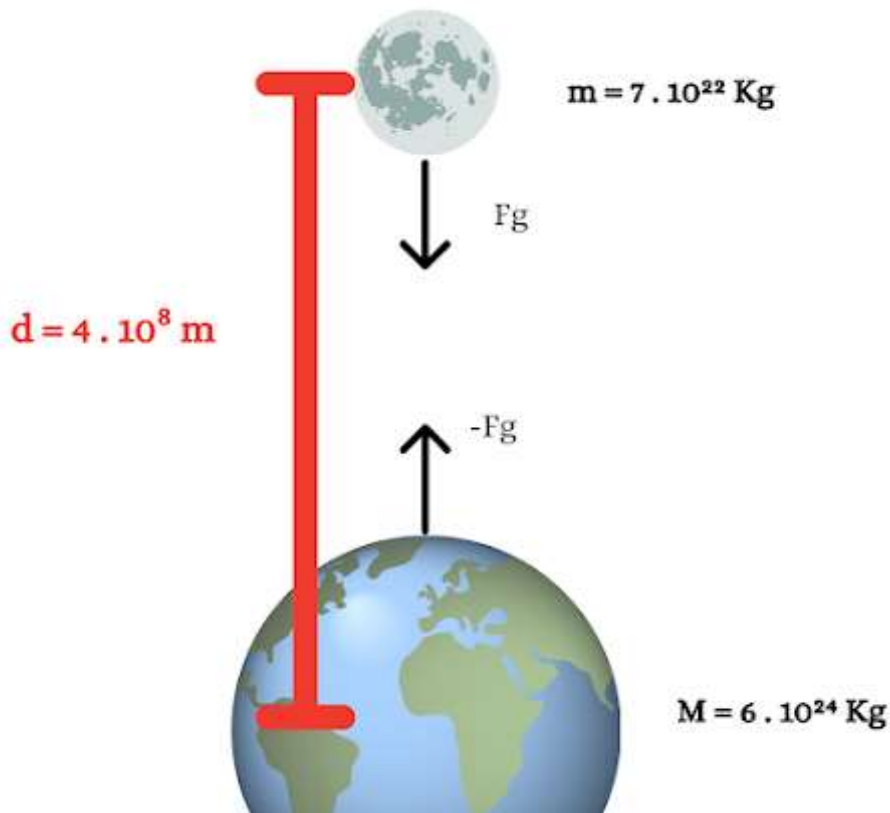
11. 8) Em situações reais as superfícies não são perfeitamente lisas. 100 pontos
- Considere novamente o bloco da FIGURA 1 (com  $m = 20 \text{ kg}$  e sob ação da força  $F = 80 \text{ N}$ ), e agora, que ele esteja em uma superfície áspera, com coeficiente de atrito dinâmico igual a  $\mu = 0,4$ . Sabendo que o valor da aceleração gravitacional é  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , o valor da da Força de Atrito (Fat) será: \*

Marcar apenas uma oval.

- Fat = - 78,4 N
- Fat = 78,4 N
- Fat = 196 N
- Fat = - 196 N
- Fat = - 8 N

Seção sem título

FIGURA 3



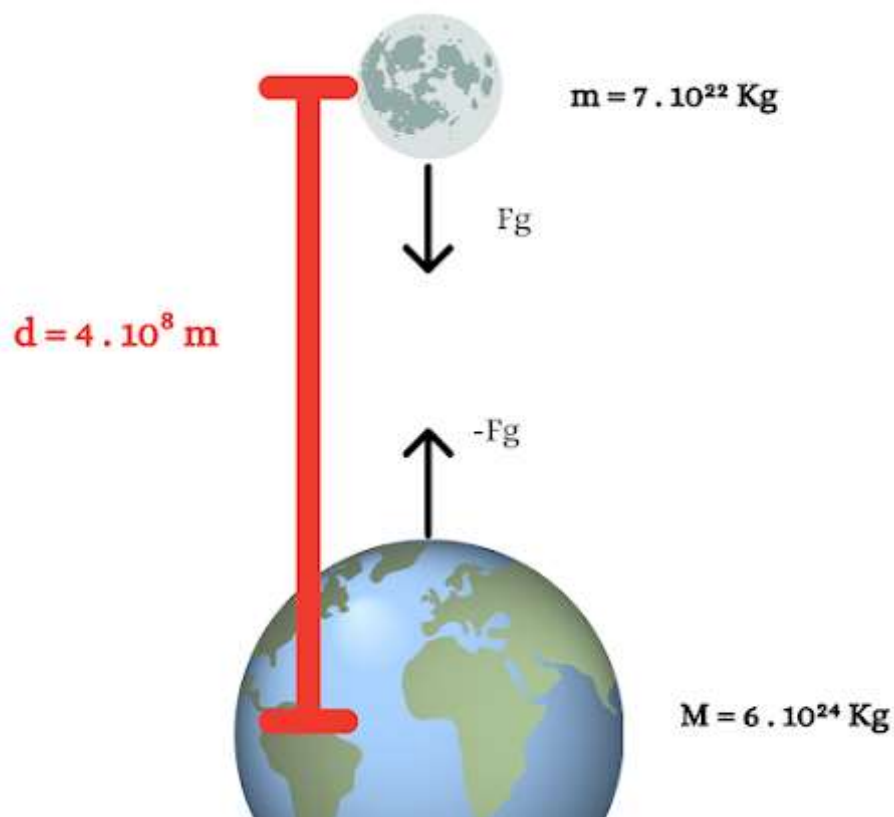
12. 9) De acordo com a 3ª lei de Newton podemos afirmar que a única coisa que é diferente entre a ação e reação gravitacional entre a Terra e a Lua: é: \*
- 100 pontos

Marcar apenas uma oval.

- a intensidade da força.
- a direção da força.
- o sentido da força.
- a potência da força.

Seção sem título

FIGURA 3



13. 10) Como discutimos nos vídeos postados na plataforma. A Teoria Newtoniana também serve para tratar problemas astronômicos. Newton demonstrou que se soubermos as massas de dois astros, e a distância que existe entre eles, conseguimos calcular a Força Gravitacional ( $F_g$ ) que há entre os dois. Considere os dados da FIGURA 3, isto é, a massa da Lua ( $m$ ) e da Terra ( $M$ ) e a distância ( $d$ ) entre as duas, e o valor da Constante Gravitacional  $G = 7 \cdot 10^{-11}$  ( $\text{Nm}^2/\text{kg}^2$ ). Calcule o valor da força gravitacional  $F_g$  \*
- 100 pontos

*Marcar apenas uma oval.*

- $F_g = 9 \cdot 10^{19}$  N
- $F_g = 11 \cdot 10^{19}$  N
- $F_g = 15 \cdot 10^{19}$  N
- $F_g = 18 \cdot 10^{19}$  N

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários



**GABARITO DO QUESTIONÁRIO 6****Questão 1.**

**Resposta:** Todos os corpos têm a tendência de manter um Movimento Retilíneo Uniforme.

**Questão 2.**

**Resposta:** a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo.

**Questão 3.**

**Resposta:**  $4 \text{ m/s}^2$ .

**Questão 4.**

**Resposta:** menor que a dor bloco anterior ( $m = 20 \text{ kg}$ ).

**Questão 5.**

**Resposta:**  $F_r = 6 \text{ N}$ .

**Questão 6.**

**Resposta:**  $P = 196 \text{ N}$ .

**Questão 7.**

**Resposta:** o mesmo valor e direção, mas sentido contrário ao seu Peso.

**Questão 8.**

**Resposta:**  $F_{at} = - 78,4 \text{ N}$ .

**Questão 9.**

**Resposta:** o sentido da força.

**Questão 10.**

**Resposta:**  $F_g = 18 \cdot 10^{19} \text{ N}$ .

## APÊNDICE I

### APOSTILA DA UNIDADE 1: MECÂNICA – CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO À FILOSOFIA NATURAL

**Autoria: Israel Marinho Araújo**

**Objetivo:** o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual para a Mecânica Clássica. Esse texto intenta: descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento; distinguir mitologia, filosofia e ciência; identificar o surgimento da filosofia natural; reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias sobre a natureza elaboradas pela filosofia grega. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no primeiro e segundo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

# FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

# Mecânica Clássica

*Israel Marinho Araújo – Brasília-DF, 2022.*

## 1. A Mitologia, a Filosofia e a Ciência

Vocês sabem qual o significado das palavras **Mitologia**, **Filosofia** e **Ciência**? A **Ciência** é uma área do **conhecimento** muito importante. Ou melhor, é um jeito de examinar e compreender as coisas. A Física é uma das **Ciências da Natureza**, logo, a Física é uma das áreas de conhecimento sobre a **Natureza**. Em outras palavras, é uma prática humana dedicada a produzir conhecimento sobre o **mundo** que nos cerca. Podemos dizer que as “descobertas” científicas, além de interessantes, são úteis para entendermos o funcionamento do nosso **Universo**. Além disso, a ciência é muito útil para solucionarmos diversos problemas de nossas vidas. Por exemplo, por meio do método científico podemos estudar e conhecer melhor as doenças e, assim, criar **remédios** mais eficazes. Ou criarmos sistemas de distribuição de **energia elétrica** para iluminar nossas casas e possibilitar o uso dos nossos aparelhos elétricos. As aplicações do **conhecimento científico** no nosso cotidiano são incontáveis!

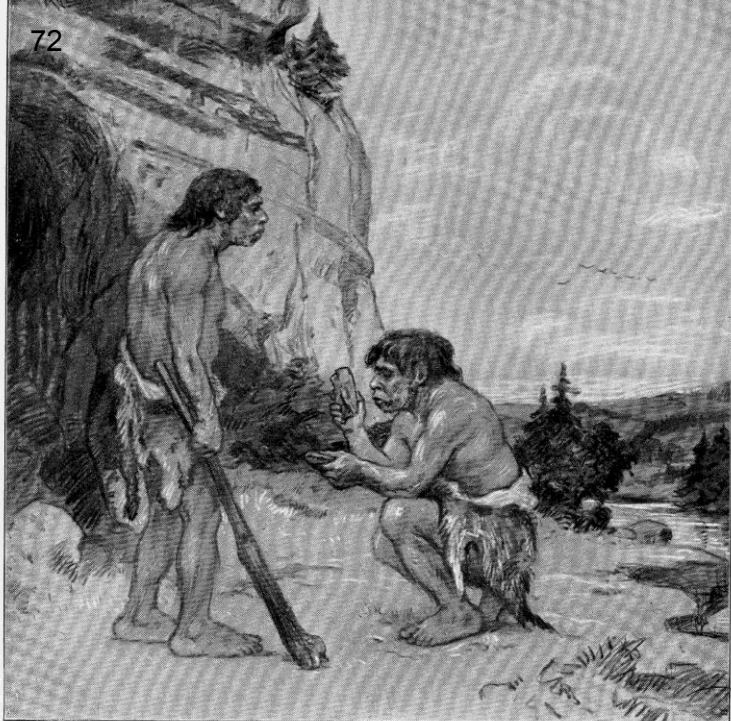


Para entendermos melhor a Ciência e a Física, vamos discutir primeiro outros conhecimentos que **não são científicos**.

A palavra **ciência** vem do latim “**scientia**”, e pode ser traduzida como “**conhecimento**”.

A **Física**, a **Química** e a **Biologia** formam o que chamamos de **Ciências da Natureza!**





**Figura 2 – Homens Neandertais – Autor: Charles Knight (1911)**

## 1.1 Mitologia

Imagine a vida dos “primeiros” homens e mulheres que viveram na **Terra**, há milhares de anos atrás. Nossos antepassados tiveram, por muito tempo, um estilo de vida **nômades**. Ou seja, não tinham uma **moradia** em um local fixo. Os nômades mudavam de lugar permanentemente, vagavam pelo mundo buscando recursos necessários à sua **sobrevivência**. Caçavam animais, colhiam frutas e utilizavam ferramentas muito “simples” (como estacas, varas e pedras afiadas). Não haviam panelas para cozinhar, facas para cortar o alimento, muito menos gela-

deiras para guardar o que sobrasse. Meio tenso, né?

Adquirir **conhecimento** para **aperfeiçoar** as ferramentas, as técnicas, foi de certa forma uma **necessidade**. Os nômades iam migrando em busca de alimento e proteção, e foi assim que as mulheres e os homens se espalharam pelo mundo.

Ao longo do tempo, fomos desenvolvendo uma série de conhecimentos, e, hoje, temos uma vida extremamente diferente da dos nossos antepassados, principalmente por termos dominado algumas técnicas (tecnologias), como é o caso da **agricultura** (saber plantar e colher).

Aliás, foi justamente com o desenvolvimento da **agricultura** que as pessoas mudaram radicalmente o seu estilo de vida. Ter recursos (água, comida, etc) suficientes para morar sempre no mesmo local, possibilitou o surgimento de povoados e, posteriormente, das cidades e dos países. Deixamos de ser **nômades** para sermos "**sedentários**". Temos muitas evidências de que, além da **agricultura**, outra tecnologia foi fundamental para que "saíssemos das cavernas": a arte de criar e manipular o **fogo**.

O fogo nos esquentava, serve para cozinhar alimentos, afugentar animais, iluminar na escuridão, e é essencial a **metalurgia** (produção e manipulação de **metais**). Demoraram milhares de anos para que nós (humanos) conseguíssemos '**dominar**' a agricultura e o fogo. Demorou para percebermos que enterrar partes das plantas, como as sementes, faria nascer árvores do mesmo tipo. Que lascas de pedras, uma na outra, poderia produzir faíscas capazes de incendiar folhas secas. Ou que esfregando insistentemente dois gravetos, poderíamos fazer surgir uma chama.

*Mas por que conseguimos produzir fogo dessas duas maneiras? E por que conseguimos criar fogo com tanta facilidade atualmente? Aliás, o que é o fogo? Sem dúvida, responder essas e outras perguntas requer algum tipo de **conhecimento**.*



Figura 3: Grécia Antiga (parte colorida)

Ao longo do tempo, muitas pessoas deram ao fogo um caráter **sobrenatural**, achavam que ele era uma substância divina, de natureza mística. Antes de existirem os países como conhecemos na atualidade, há mais de 2000 anos atrás existiu uma importante civilização: a **Grécia Antiga** (veja .

*A Grécia Antiga não era um país, mas, sim, um conjunto de cidades que compartilhavam a mesma língua, os costumes, a religião e algumas leis...*

Os gregos costumavam explicar os fatos de acordo com a sua fé politeísta, isto é, de acordo com um conjunto de lendas (**mitos**) sobre os seus vários deuses. Atualmente, nós costumamos chamar esse conhecimento de **Mitologia Grega**, pelo fato de se basear em mitos. Você já deve ter ouvido falar de Zeus, Hades, Atenas, Poseidon, etc. Essas lendas narram a criação do mundo, do céu, da humanidade, e de tudo o que existe (incluindo o fogo, claro).

De acordo com a Mitologia Grega:

“Antes da criação da humanidade, os deuses gregos venceram uma grande luta contra a legião de gigantes; os **Titãs**. A maioria dos Titãs foram destruídos ou levados ao inferno eterno de Tártaro. Mas o Titã **Prometeu** [Figura 3], cujo nome significa “presságio” [ou “previsão”], convenceu seu irmão Epimeteu a lutar com ele no lado dos deuses. Como agradecimento, Zeus encarregou os irmãos com a tarefa de criar todas as coisas vivas. Epimeteu tinha que distribuir os presentes dos deuses entre as criaturas. Para alguns, ele deu o voo [como aos pássaros]; para outros, a habilidade de mover-se pela água [como aos peixes] ou correr pela grama como aos cavalos]. Ele deu aos monstros escamas brilhantes, pelo macio e garras afiadas. Enquanto isso, Prometeu **moldava os primeiros humanos com argila**.

*Ele os fez segundo a imagem dos deuses, mas Zeus ordenou que eles [os humanos] deveriam ser mortais e adorar os habitantes do Monte Olimpo [os deuses] de baixo [por exemplo ofertando sacrifícios]. Zeus considerava os humanos criaturas submissas, vulneráveis aos elementos e dependentes dos deuses para proteção. Contudo, Prometeu havia imaginado um propósito maior para suas rústicas criações.*

Quando Zeus perguntou a ele como seriam feitos os sacrifícios [de adoração aos deuses], o astuto Prometeu planejou uma trapaça que daria vantagem aos humanos [...]. Irado, Zeus proibiu o uso do **fogo** na Terra, quer fosse para cozinhar carne ou qualquer outro propósito. Mas Prometeu se recusou a ver suas criaturas sem este recuso.

Figura 3 – Prometeu criando o “homem”







*Figura 4 – Prometeu leva o fogo para a humanidade (Heinrich Fuger)*

*Ele então escalou o monte Olimpo para roubar o **fogo** do altar de Hefesto e Atenas [Figura 4]. Ele escondeu as chamas num talo oco de uma planta e o levou com segurança ao povo. Isso os deu o poder de controlar a natureza para seu benefício próprio e por fim, dominar a ordem natural. Com o fogo, os humanos podiam cuidar de si mesmos com comida e aquecimento. Mas eles também podiam confeccionar armas e travar batalhas.*

*As chamas de Prometeu serviram como um propulsor para o progresso da civilização.*

*Quando Zeus olhou o cenário abaixo, ele percebeu o que tinha acontecido. Prometeu*

*havia ferido seu orgulho mais uma vez e desrespeitado sua autoridade. Furioso, Zeus impôs um castigo brutal. Prometeu ficaria acorrentado a um penhasco para sempre. Diariamente, ele seria visitado por um abutre [ave] semelhante aos urubus] que arrancaria seu fígado e todas as noites seu fígado cresceria para ser atacado novamente pela manhã”.*

O trecho acima foi adaptado de:  
[The myth of Prometheus - Iseult Gillespie](#) - Ted-Ed.

Esse pequeníssimo pedaço da **Mitologia Grega** nos mostra como a crença nessas lendas e entidades superiores (os deuses, os gigantes, etc) ajudava os gregos a “compreender” coisas importantes de seu cotidiano. Observe, o mito de Prometeu explica, entre outras coisas, a origem da **humanidade**, dos **animais**, e como chegamos a dominar o **fogo**. Prometeu teria nos criado moldando argila, presenteou-nos com o fogo para que pudéssemos, apesar de frágeis e mortais, cuidar de nós mesmos.

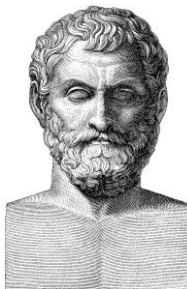
Mas... tudo isso aconteceu assim mesmo? Como surgiram essas narrativas, esses mitos? Existem evidências de que essas coisas aconteceram? E se eu duvidar da mitologia dos deuses gregos, como poderei explicar essas coisas, o surgimento da Terra, dos céus, das estrelas, do mar, da humanidade, dos animais e de tudo o que existe?

## 1.2 Filosofia Natural

Com a intenção de responder essas e outras perguntas surgiu na Grécia Antiga uma outra forma de conhecimento muito importante que não se baseava em lendas, e influenciou fortemente a história da humanidade. Estamos falando da **Filosofia**, essa área do saber que é considerada a “mãe da ciência”. A palavra **Filosofia** (do grego *Φιλοσοφία*) significa “amor pelo conhecimento” ou “amor pela sabedoria” e, diferente da Mitologia, não baseia suas explicações na crença em mitos. O conhecimento filosófico se desenvolve por meio do **estudo** e **debate** de questões relevantes para a época, na **discussão crítica** destas questões, e as explicações se baseiam no pensamento ou raciocínio **lógico**, que pode ser aceito ou não. Até hoje, essa área do conhecimento se dedica a estudar questões fundamentais sobre: a própria **realidade**, os valores morais e estéticos, a razão, a mente, o próprio conhecimento, etc.

Na **Grécia Antiga**, muitos dos “primeiros filósofos”, que chamamos atualmente de **pré-socráticos**, dedicavam-se a estudar questões básicas sobre a **Natureza**, ou seja, da **physis**.

Os pré-socráticos pensavam e **teorizavam** sobre a origem mundo e a composição das coisas, ou seja, refletiam sobre a **Natureza**. Um estudioso chamado **Tales** [Figura 5], nascido em 624 a.C em uma cidade grega chamada **Mileto**, é considerado por alguns o primeiro filósofo da Grécia. Foi fundador de uma escola grega muito importante, teve muitos discípulos e suas ideias tornaram-se muito influentes.



*Figura 5 – Tales*



*Figura 6 - Deméter*

Uma deusa muito cultuada na Grécia chamava-se **Deméter** [Figura 6], a deusa da **agricultura**. Muitos a adoravam na intenção de obter boas colheitas. Tales, entretanto, notava, por meio de suas **observações**, que uma boa colheita estava, na verdade, relacionada com uma boa plantação e condições climáticas favoráveis (**chuva** e **Sol**), e não com o quanto alguém adorava Deméter. Ele não recorreu

**Physis** significa **Natureza** em grego. Mas **Natureza** aqui não tem a ver com florestas, árvores e animais, somente. Natureza, nesse contexto, tem um significado amplo, como: “mundo real”, “mundo concreto”, “mundo físico” ou “realidade”. A Natureza é o mundo que nos cerca, externo a nós. As coisas do Universo que existem independente de nós.

aos mitos para embasar suas explicações, mas buscou por meio do raciocínio lógico, **causas naturais** para os fenômenos que observava cuidadosamente. Há relatos de que Tales teria grande conhecimento de **matemática, geometria e astronomia** (estudo dos corpos **celestes**), sendo o primeiro grego a "prever" um **eclipse solar** ainda no ano de 585 a.C.

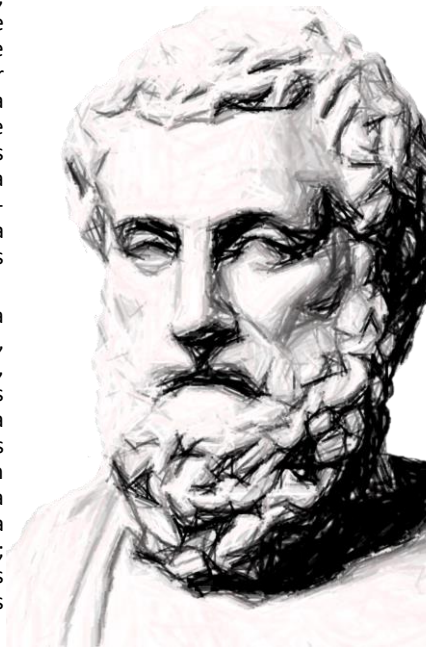
O filósofo passou grande parte de sua vida pensando sobre a **origem de tudo**, sobre o que deveria ter existido primeiro, a primeira coisa do Universo. Quando Tales pensava sobre algo que deveria ter originado todo o restante, ele imaginava uma **substância primordial**, algo que deveria: 1) ser capaz de formar qualquer coisa, e por isso ser encontrada em tudo; 2) ser essencial para a vida; e 3) ter a capacidade de movimento, de provocar mudanças. Após atingir uma certa idade refletindo sobre suas observações, Tales defendeu que essa **substância primordial** deveria ser a água; ou seja, a água seria a **essência** de todas as coisas no Universo.

Tales notou que a vida depende da água, sempre presente nas plantas, nos animais, e em nós mesmos. Além de brotar da terra, compõe a chuva, os rios e mares, estando em toda parte. Mileto era uma cidade no litoral, e Tales fazia muitas viagens de barco; observou que as ilhas ficavam "maiores" quando as águas dos rios abaixavam.

Para ele, isso seria uma evidência de que a água poderia e estaria se transformando em terra.

Hoje em dia, pode parecer um pouco esquisit (maluca?) a ideia de que a água pode se transformar em outras coisas, sendo o princípio de tudo que existe. Porém, essa maneira de pensar (a partir de **argumentos lógicos** e procurando **causas naturais** para os fenômenos do mundo) foi um **rompimento com o pensamento mitológico**, influenciando grandemente os estudiosos que vieram depois.

Um fato importante para o desenvolvimento do conhecimento é a escrita. Escrever é um jeito de registrar as informações,



e teorias e, caso não haja registro, um conhecimento ou ideia pode simplesmente se perder ao longo do tempo. Tales não chegou a registrar sua própria filosofia, mas conhecemos suas ideias pelos escritos de outros filósofos que falavam sobre ele.

As principais fontes escritas que temos das ideias de Tales foram escritas por **Aristóteles** (384 a.C. - 322 a.C.), que se tornaria um dos filósofos mais influentes de toda a história humana.

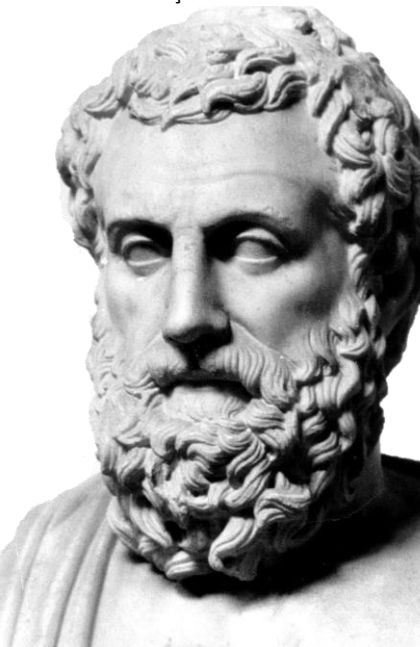
Nascido em 384 a.C. na **Macedônia** (região da Grécia Antiga), Aristóteles era filho de um médico do rei. Mudou-se para Atenas com 17 anos, tornando-se aluno na **Academia** (uma escola fundada por seu mestre **Platão**). Aristóteles escreveu com muita profundidade sobre um grande número de temas, como: lógica, crítica, retórica, física, biologia, psicologia, matemática, metafísica, ética e política (sendo radicalmente importante na maioria desses temas).

Vários textos de Aristóteles que tratavam de uma mesma temática foram organizados por seus discípulos, virando livros. Um livro importante recebeu o nome de **Metafísica**.

Neste livro, Aristóteles afirma que Tales de Mileto teria sido o fundador da filosofia natural (filosofia relacionada à reflexão sobre a Natureza, sobre as causas naturais dos fenômenos), mas criticou suas ideias, incluindo a da água como

base material das coisas do mundo, ou seja, de que “tudo teria se formado a partir da água”.

Havendo sido muito influenciado por seus antecessores (como Tales, Sócrates e Platão), Aristóteles desenvolveu um raciocínio sistemático, metódico e muito rigoroso, que o guiou em suas investigações nas várias áreas. Seus estudos se tornaram muito influentes no mundo (Ocidental), e durante milhares de anos após a sua morte, suas ideias foram tidas como a única explicação verdadeira sobre o mundo. A **Ciência** como a conhecemos atualmente, teve início quando as ideias de Aristóteles são questionadas. O filósofo levantou boa parte das questões que os cientistas começaram a estudar.



*Figura 7 - Aristóteles*

# Saiba mais!

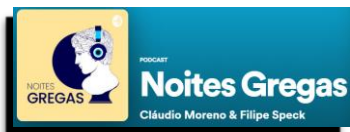
Você sempre pode saber mais. Essas são algumas sugestões, basta **clicar** na imagem para acessar.



Esse é um vídeo curtinho sobre [O Mito de Prometeus](#).

Por Iseult Gillespie

Dica: ative a legenda em Português.



Esse é o [link](#) para o primeiro episódio de um *PODCAST* muito bom sobre [Mitologia Greco-Romana](#).



Esse é o [link](#) para uma *playlist* sobre a [Evolução e dispersão dos hominídeos](#) (Humanos?).

Com o paleontólogo Paulo Miranda (Pirulla).



Esse é o [link](#) para uma *playlist* sobre a [História da Grécia Antiga](#).

Com o professor Donald Kagan

## APÊNDICE II

### APOSTILA DA UNIDADE 2: MECÂNICA – CAPÍTULO 2 - FILOSOFIA NATURAL E ARISTÓTELES

**Autoria: Israel Marinho Araújo**

**Objetivo:** o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual da Teoria de Tudo de Aristóteles. Particularmente, esse texto intenta: explicar desenvolvimento do conhecimento acadêmico; demonstrar principais pontos da Teoria de Tudo, de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo); relacionar a relevância histórica e conceitual da teoria aristotélica à história ocidental; associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no terceiro e quarto encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

# FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

## Mecânica Clássica

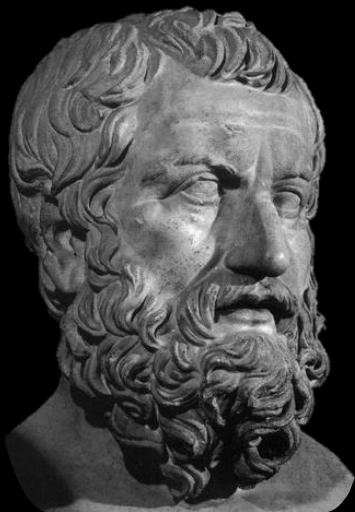
Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

## 2 . A Filosofia Natural de Aristóteles

Em toda as partes do mundo, nos diferentes povoados, as homens e mulheres foram aperfeiçoando seus conhecimentos, desenvolvendo suas tecnologias ao longo dos anos. Como já discutimos, a **mitologia** (conjunto de lendas com personagens divinos) teve papel central na cultura dos povos antigos. Na Grécia Antiga, por volta de 600 anos antes de Cristo, essa maneira de explicar o mundo começa a ceder espaço para um outro tipo de saber, a **Filosofia**. Ao longo desses textos você perceberá que a Filosofia grega ocupa uma papel fundamental na história da humanidade.

Costumamos chamar de **pré-socráticos** alguns dos primeiro pensadores gregos de que temos registros. Esses filósofos tinham em comum o fato de terem vivido antes de **Sócrates** (e por isso o nome pré-socráticos), e também a vontade de entender ou explicar a **Natureza**, isto é, a origem e o funcionamento do nosso mundo e de tudo o que existe. **Tales de Mileto** foi um dos primeiros filósofos pré-socráticos. Ele pensava que “**tudo não poderia ter vindo do nada**”, ou seja, algo devia ter existido primeiro, uma **matéria** capaz gerar as outras. Tales acreditava, que por meio da observação, seria possível identificar o **princípio material** das coisas.

Tales de Mileto  
624 – 546 a.C.



Sócrates de Atenas  
470 – 399 a.C.



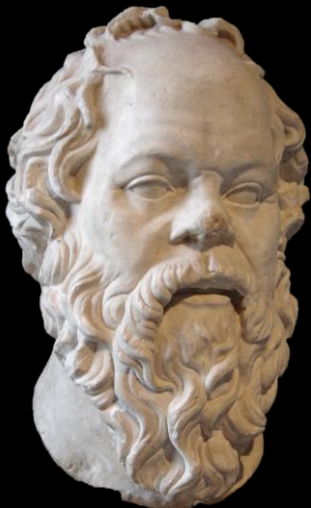
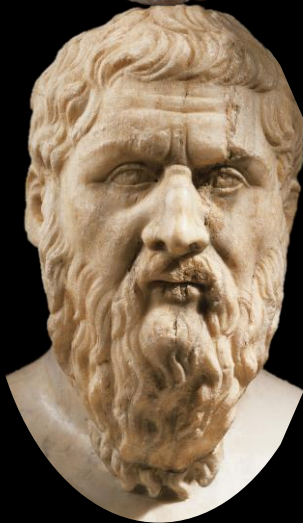
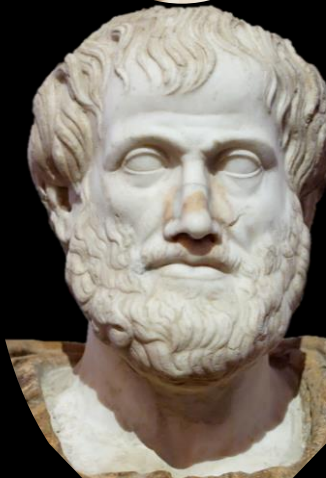


Por meio de suas observações, Tales identificou inicialmente a **água** como a **essência** da **vida**. Pois não existe vida sem água ou umidade. A água é algo universal a todos os seres vivos. E por isso seria possível explicar a vida a partir da água. Depois sugeriu que **“tudo é água”**, ou seja, que tudo tem um princípio único, e o princípio material seria a **água**. Outros filósofos pré-socráticos também tentaram desvendar qual teria sido o elemento primordial, originário, que damos o nome de **Arché**.

A filosofia grega se desenvolveu ao ponto de ter sido o berço dos três pensadores mais influentes da Grécia Antiga: **Sócrates**, **Platão** e **Aristóteles** (ao lado suas estátuas). Sócrates mudou o rumo da filosofia, focando menos em questões sobre a Natureza, e tratando de ética, de lógica e do próprio conhecimento.

Sócrates foi professor de Platão, e Platão foi professor de Aristóteles. Suas ideias impactaram a história da humanidade. A filosofia sobre a Natureza, de **Aristóteles**, é o que nos interessa aqui, pois ele elaborou uma **teoria** que foi aceita como a **explicação correta do mundo** durante milhares de anos. Apenas com o **surgimento da ciência** (moderna), fomos capazes de abandonar suas ideias sobre o universo.

Como dito anteriormente, ele nasceu em 384 a.C. na Macedônia (região da Grécia Antiga), e era filho do

S  
Ó  
C  
R  
A  
T  
E  
SP  
L  
A  
T  
Ã  
OA  
R  
I  
S  
T  
Ó  
T  
E  
L  
E  
S

médico do rei. Mudou-se para Atenas com 17 anos, tornando-se aluno da Academia (escola fundada por seu mestre, Platão). Aristóteles escreveu com muita profundidade sobre um grande número de temas, como: lógica, crítica, retórica, física, biologia, psicologia, matemática, metafísica, ética e política (tendo sido importante para todas estas áreas).

Vários textos de Aristóteles, que tratavam de uma mesma temática, foram reunidos, virando livros, como o **Metafísica**. Nesse livro, Aristóteles afirma que Tales de Mileto seria o fundador da **filosofia natural** (filosofia relacionada à reflexão sobre a **Natureza**, sobre as causas naturais dos fenômenos), mas também critica suas ideias, como a da água servir de base material para a formação das coisas do mundo, ou seja, de que “tudo se formaria a partir da água”.

Tendo sido muito influenciado por seus antecessores (como Tales, Sócrates e Platão), Aristóteles desenvolveu estudos que iriam guiar muitas das ideias do **Mundo Ocidental** durante milhares de anos. Ele desenvolveu um raciocínio **sistemático**, metódico e rigoroso, que o guiava em suas análises nos diversos temas.

A parte de seus estu-

dos que é mais relevante para a compreensão das **Ciências Naturais** e, particularmente, da Física, é a **filosofia natural aristotélica**. A filosofia desenvolvida por Aristóteles sobre a Natureza é a base para o surgimento das **Ciências Naturais (Física, Química, Biologia)**. Por isso, estudá-la pode nos auxiliar na compreensão desses conhecimentos modernos.

Na época em que viveu Aristóteles a compreensão sobre os seres (vivos e não vivos) do nosso mundo era, de certa forma, desordenada. O Filósofo desenvolveu um importante trabalho organizando e interpretando as ideias de seus antecessores. Em parte de seus estudos, ele organizou e explicou os seres e os acontecimentos da Natureza.

Aristóteles, diferente de Tales, desenvolveu uma **teoria completa** sobre a Natureza. Sua **“Teoria de Tudo”** se baseou em ideias e informações de alguns filósofos pré-socrático, como o as de **Empédocles** (495-430 a.C), que acreditava que existem quatro **elementos fundamentais: terra, água, ar e fogo**. E que tudo o que conhecemos no planeta seria formado pela “mistura” desses quatro elementos.

Assim, cada coisa que existe no mundo tomaria forma a partir de uma composição com proporções

diferenciadas de terra, água, ar e/ou fogo. Considerando isso, o filósofo analisou a transformação e o movimento das coisas, além de identificar as causas dessas mudanças.

*Pense comigo: do que precisamos para uma árvore crescer, para produzirmos madeira? Precisamos de uma semente... e o que mais? Ora, de terra, de água e de luz, certo? Estes são, justamente, três dos quatro elementos fundamentais de Aristóteles (lembrando que os gregos consideravam o fogo como a fonte da luz).*

*Assim, para o filósofo, um pedaço de madeira seria uma substância formada por **água, terra e fogo.***

*“madeira = água + terra + fogo”*

Aristóteles chamava as coisas do nosso Universo de **substância**. Para ele, toda **substância** teria uma série de **propriedades**, como: temperatura, umidade, quantidade, lugar, tempo, etc. Em sua teoria, estas propriedades dependeriam da composição dessa substância. O fogo estaria relacionado, por exem-

plo, com o **quente** e o **Seco**. Já a **água**, com o **frio** e o **úmido**. Aliás, se algo é úmido é porque tem água, né?

Pensando nas mudanças, das alterações, dos movimentos que ocorrem na natureza, propôs uma divisão interessante entre **ato** e **potência**. Todo objeto (substância) do mundo tem a possibilidade de se transformar, em outras palavras, de se **atualizar**. Nada no mundo está parado para sempre! Um exemplo famoso para explicar isso é o caso da semente: a semente é uma árvore em **potência**. Isto significa que, enquanto é semente, a semente é o **ato** da **substância**, que poderá se transformar em uma árvore, atualizando sua forma.

A semente vira um brotinho, uma mudinha e depois uma árvore. A cada nova forma que a substância adquire, novas propriedades podem surgir. Por exemplo, a folha de uma árvore quando cai (ou seja, atualiza seu lugar no espaço), muda de cor, resseca, muda de textura, etc.

*Figura 8: Semente brotando*



*Não se preocupe com todos os detalhes desta teoria, pois a parte mais importante virá a seguir!*

O que mais nos interessa na teoria aristotélica são suas ideias sobre o **Movimento**. Pois algumas das ideias mais importantes para a Física (Moderna) nascem da crítica à teoria aristotélica. Após anos de observações cuidadosas, Aristóteles passou a afirmar que na Natureza haviam apenas dois tipos de movimento: o **natural** e o **violento**. Ao entendermos o primeiro, aprenderemos mais facilmente o segundo. O movimento **natural** é aquele realizado “sozinho” por um objeto. Isto significa que é que ocorre por uma **causa interna**. Por exemplo, para onde vai o fogo e a fumaça de uma fogueira? Sempre sobe, né? Nunca vemos o fogo ou a fumaça caindo e acumulando no chão. O movimento para cima ocorre “sozinho”, então é um **movimento natural**.

*Para entendermos melhor essa ideia, vamos imaginar uma situação um pouco esquisita. Imagine uma piscina cheia de água, na qual você irá mergulhar levando com você uma pedra e um balão cheio de ar. Caso você solte os dois, para onde irá a pedra e o balão? Certamente, a rocha afundará até o piso da piscina. Já o balão, subirá até boiar. Consegue imaginar?*



Aristóteles afirmou que dependendo da composição do objeto, ou seja, de sua composição, os corpos seriam **leves** ou **pesados**, e isso lhes faria cair (e afundar) ou subir (e flutuar). O filósofo considerou a **terra** o elemento mais **pesado**, seguido pela **água**, e considerou o **ar** e o **fogo** como **leves**, sendo o **fogo** o mais leve de todos, veja a tabela abaixo.

|   | Elemento | Característica          |
|---|----------|-------------------------|
|  | Fogo     | É de todo <u>Leve</u>   |
|  | Ar       | É <u>Leve</u>           |
|  | Água     | É <u>pesada</u>         |
|  | Terra    | É de todo <u>pesada</u> |

Isso explicaria porque a rocha afunda na piscina, mas o balão flutua. A rocha, que é feita de **terra**, é de todo **pesada**, e por isso move-se **naturalmente** para baixo da **água** – que é menos pesada do que a **terra**. O **ar** que está no balão é **leve**, e por isso move-se para cima da **água** – que é mais pesada que o **ar**. E o **fogo**? Como podemos observar, ele sempre sobe, e assim foi considerado o mais **leve** dos elementos, Aristóteles diria que ele é **de todo leve**.

Como já foi dito, na teoria aristotélica todo corpo é formado pela composição desses quatro elementos. Então, pensando novamente no caso da **madeira**, ela seria composta por uma proporção de terra, água e fogo (**madeira = água + terra + fogo**). Então, ela não é nem tão **leve** quanto o **fogo**, nem tão **pesada** quanto a **água** e a **terra**. A madeira não seria nem tão leve nem tão pesada, e seria por isso que ela é capaz de flutuar na **água**, pois é mais leve que a água, mas mais pesada que o **ar** (ficando entre os dois ao boiar).

Tá começando a fazer sentido? Olha que genial! Você costuma ver bolhas de ar paradas no meio ou no fundo da água? Não! Quando você solta ar dentro da água, ele sempre sobe, nunca desce. Então, olha só, podemos pensar que a terra sempre quer ficar abaixo da água, o ar sempre fica acima da água e o fogo sempre acima do ar. Outra maneira de pensar isso: no fundo do

mar temos terra, acima do mar temos o ar, e qualquer fogo aceso no ar, sobe.

Essas observações levaram Aristóteles a compreender que os elementos tendem a ficar empilhados, do mais pesado para o mais leve: terra, depois água, ar e fogo. Assim, Aristóteles começou a imaginar como seria o Universo. Afirmou que existiriam locais para onde cada elemento quer ir naturalmente, e por isso chamou esses locais de **locais naturais**. O **local natural** do elemento mais pesado (a **terra**) seria o centro do Universo. Acima teríamos o **local natural** da **água**, depois o do **ar** e o do **fogo**, como se fossem as camadas de uma cebola [Figura abaixo]. Aristóteles estava começando a elaborar uma explicação sobre a organização, a **estrutura do Universo**.



Neste texto, demos apenas alguns exemplos (apesar de existirem inúmeros outros) que poderiam “confirmar” a explicação dos movimentos de acordo com o **peso** ou a **leveza** das substâncias. Como

é o caso das próprias nuvens que são formadas por vapor de água. Quando a água do mar é aquecida (recebe fogo), ela se torna vapor, uma substância mais leve, e por isso flutua. Ela retorna ao seu lugar natural (entre a terra e o ar) quando "volta" a ser água (quando perde o fogo).

Deu para entender o **movimento natural**? Basicamente, você deve entender que é um movimento que ocorrerá sozinho, naturalmente. E que ele dependerá da composição do corpo: se ele for pesado cairá, se for leve subirá.

Agora que falamos do movimento natural, vamos explicar o **movimento violento**. Ficou mais fácil de entendê-lo! Toda vez que um corpo é forçado a sair de seu **local natural**, ocorre um **movimento violento**, por exemplo, a tendência de uma pedra (que é feita de terra) é sempre ir para baixo por ser pesada. Então, uma pedra só irá se mover para cima caso alguém a levante de maneira forçada, isto é, "violentamente". O **movimento violento** só pode ser executado por um outro corpo, um **agente externo**, que enquanto estiver em **contato** com o objeto pode movê-lo, retirando-o de seu **local natural**. Assim, uma rocha, que é de todo pesada, só pode estar no ar enquanto um agente externo a levanta. Caso o agente resolva soltá-la, rocha cairá novamente, retornando ao seu local natural; agora, através de um movimento natural.

Vamos fazer uma breve resumo para relembrarmos os pontos mais importantes?

Vamos lá!

Abandonando a **mitologia** como meio de alcançar a verdade sobre os acontecimentos, os fenômenos naturais, os pensadores gregos deram início a uma tradição de pensamento que busca as causas naturais para os fenômenos. Aristóteles, seguindo os passos de seus antecessores, estudou uma grande variedade de problemas. Após muitas observações, propôs que existiriam em nosso mundo apenas quatro elementos fundamentais (**terra, água, ar e fogo**), e que todos os outros materiais seriam formados pela "mistura" desses quatro.

Assim, cada corpo, cada objeto, cada ser (vivo ou não) apresentaria determinadas características (como cor, temperatura, peso, etc) a depender de sua composição. Dizer que um objeto é leve ou pesado significa dizer que ele tem uma "vontade" natural de se mover para cima (subir/flutuar) ou para baixo (cair/afundar). Assim, podemos pensar que o nosso mundo tem quatro lugares naturais, para onde cada corpo pesado ou leve se move naturalmente. De modo que um corpo só é retirado de seu local natural ao sofrer um movimento violento. Ou seja, quando é forçado a se movimentar por meio de um outro objeto (externo).

Aristóteles criou um esquema explicativo muito completo sobre a **Natureza** (*physis*). Criou uma **teoria** da física do mundo, sobre o seu funcionamento. Mas falta explicar uma explicação. E os objetos celestes? O Sol, a Lua, as Estrelas fazem parte da Natureza, mas não sobem nem descem... Os gregos já sabiam que esses astros pareciam girar em círculos em torno de nós. Por que isso acontece e do que eles são formados?

Os povos antigos eram grandes estudiosos do céu. Conheciam muitos detalhes do movimento dos planetas, das estrelas, do Sol e da Lua. As estrelas, por exemplo, aparecem fixas no céu, não mudam de posição entre si com o passar do tempo. O Sol e a Lua já têm um movimento característico e parecido entre si, cruzam o céu inteiro durante o dia ou a noite. Já os planetas são diferentes do restante, viajam indo e voltando no céu, e é por isso que receberam esse nome: “planeta”, que significa “vianjante”, pois viajam pelo céu.

Dessa maneira, Aristóteles percebeu que os objetos celestes (que estão no céu) não poderiam ser formados dos quatro elementos terrestres, pois não são pesados ou leves, não sobem ou descem... Na verdade, pareciam girar sem fim. Além de que, diferentemente das substâncias terrenas, eles não se modificam com o tempo, não se transformam em outras coisas.

Por esse motivo, Aristóteles afirmou que os corpos celestes deviam ser formados por um quinto elemento não existente no mundo terreno; esse elemento diferente recebeu o nome **Éter**.

O filósofo concebeu a ideia de que o nosso Universo seria uma esfera com várias camadas (tipo uma cebola), podendo cada camada girar independente das outras, o que explicaria o movimento em círculo dos astros. De modo que a última camada do Universo seria aquela onde as estrelas estão incrustadas, presas, e por isso são fixas, imóveis uma em relação às outras. Abaixo da última camada (das estrelas), haveriam as camadas dos planetas sete planetas conhecidos até então, do Sol e, por fim, a camada da Lua, que ficaria logo acima das camadas (ou **locais naturais**) do fogo, do ar, da água e da terra – essa última, no centro do Universo (veja a Figura 11).

Dessa maneira, o pensador separou dois mundos, um “perfeito” e outro “imperfeito”. Chamou de mundo **Supralunar** (“acima da lua”) todas as camadas a partir da Lua onde os objetos eram imutáveis, e moviam-se infinitamente em círculos, sendo todos constituídos de **Éter**. Aristóteles chamou as camadas abaixo da Lua de mundo **Sublunar** (“abaixo da Lua”), onde tudo seria feito a partir dos quatro elementos mundanos (fogo, ar, água e terra), tendo cada um sua



respectiva camada (ou **local natural**). O “miolo da cebola”, ou seja, o centro do Universo, seria o local natural da terra, onde nós habitamos. Por isso essa é uma teoria **Geocêntrica** (da Terra no centro do Universo).

Um matemático grego chamado **Cláudio Ptolomeu** (168 a.C. - 90 a.C.) se baseou na ideia **geocêntrica** de universo descrita por Aristóteles e desenvolveu um preciso modelo matemático capaz de calcular e prever a posição dos corpos celestes, o que fortalecia a crença de que nosso planeta está parado no centro do universo.

Sócrates, Platão e Aristóteles foram os filósofos mais influentes da Antiguidade. Após vinte anos de estudos, Platão (o mestre de Aristóteles) morre. Em seguida, Aristóteles volta de Atenas, casa-se e tem dois filhos. Foi escolhido pelo rei Filipe II da Macedônia para

educar seu filho, **Alexandre**. Com a morte de Filipe, Alexandre se torna o novo rei, e inicia uma grande expansão do império macedônico. Alexandre venceu tantas guerras, que recebeu apelidos como Alexandre Magno e **Alexandre, o Grande**.

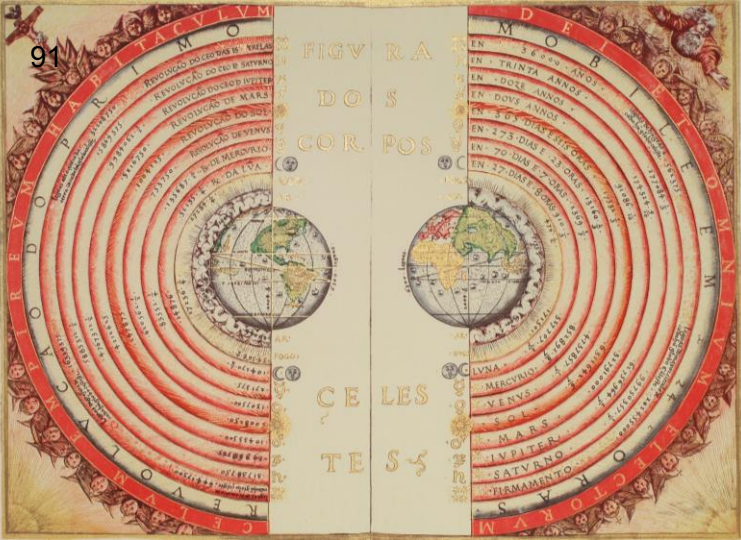
Dessa forma, Aristóteles esteve ligado ao gigantesco império que estava se formando. A filosofia grega, principalmente a de Platão e Aristóteles, começou a se espalhar e foi herdadas por muitas civilizações que surgiram nas regiões onde hoje é a Europa, o leste da Ásia e o norte da África.

Seus estudos foram amplamente lidos e divulgados; muitos filósofos que vieram depois (estendendo-se até hoje) estudaram a filosofia aristotélica. Com o fim da Antiguidade e início da Idade Média, muitos textos da filosofia grega foram traduzidos para o **árabe** e depois para o **latim**, a língua de um dos mais maiores e importantes impérios da história da humanidade: o Império Romano.

Uma série de mudanças sociais, econômicas e políticas transformaram o modo antigo de viver. Mesmo assim, o romanos herdaram muitas coisas dos gregos, inclusive, seus mitos eram praticamente os mesmos dos gregos.

Porém, mudanças importantes ocorreram. O romanos, por exemplo, aos poucos foram aderindo à fé cristã. Cada vez mais se esta-





belecia uma nova forma de ver e pensar nas coisas. A união entre o cristianismo (que surgiu com os romanos) e o pensamento aristotélico deu início a uma importante **visão de mundo**: a chamada de visão **cristã-aristotélica**.

A **visão de mundo cristã-aristotélica** se caracterizava por entender o universo ordenado como descreveu Aristóteles, com a Terra (nosso planeta) no centro de tudo, fazendo parte do mundo **Sublunar**, separado do mundo **Supralunar**. E tudo isso havendo sido criado e controlado pelo único deus da fé cristã (**monoteísmo**).

Agora, o “**céu**”, local onde Deus está, estaria localizado **acima das estrelas**, ou seja, além da **última camada do universo** na teoria aristotélica (veja a Figura 11). Uma curiosidade seria a da localização do Inferno na fé cristã, que geralmente é afirmado estar

no centro da Terra, mesmo local do submundo de Tártaro da Mitologia Grega (coincidência?).

A Igreja Católica (também chamada de Igreja Católica Apostólica Romana) nasce com os romanos, e durante muito tempo teve membros filósofos (padres, bispos) que trabalhavam nessa compreensão **cristã-aristotélica** do mundo. Entretanto, após quase dois mil anos de estudos e críticas, a filosofia natural de Aristóteles começa a ser fortemente questionada. Vários problemas em sua teoria foram apontados na medida em que novas observações eram feitas.

Foi rompendo com a **filosofia natural aristotélica**, e com essa visão de mundo que perdurou quase dois mil anos que surge a tão falada e importante **Física** e as outras **ciências da natureza (Química e Biologia)**.

Veremos mais sobre isso no próximo texto.

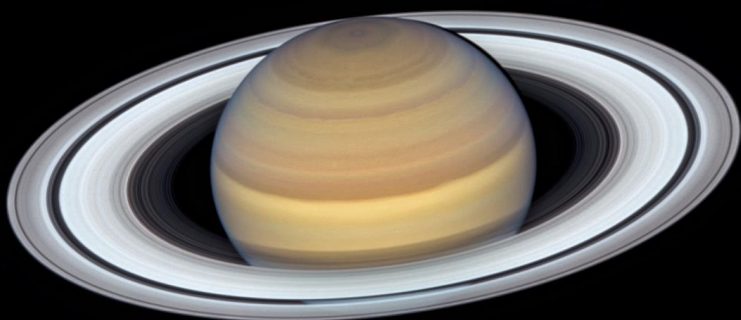
## APÊNDICE III

### APOSTILA DA UNIDADE 3: MECÂNICA – CAPÍTULO 3 - INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA

**Autoria: Israel Marinho Araújo**

**Objetivo:** o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de oferecer uma sucinta introdução histórica e conceitual do surgimento da Cinemática e expor introdutoriamente alguns conceitos da Cinemática Escalar. Particularmente, esse texto intenta: explicar a transição da filosofia antiga e a medieval para o surgimento das Ciências da Natureza (e a Física); diferenciar modelos de universo (geocêntrico e heliocêntrico); investigar os conceitos Referencial, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo e Velocidade Média. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no quinto e sexto encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

# FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

## Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

### 3. A Filosofia Natural abre espaço para as Ciências Naturais

A **Grécia Antiga** costuma ser entendida com o berço da filosofia (ocidental). A filosofia grega tornou-se muito influente, espalhando-se em um primeiro momento pelas regiões que hoje conhecemos como Europa, Oriente Médio, Ásia e África. No capítulo anterior vimos um pouco sobre **Aristóteles**, um dos filósofos gregos mais influentes. Sua teorias sobre a **natureza** (ou seja, sua **filosofia natural**) foi assimilada por muitos povos, e durante quase 1500 anos foi tida como a melhor ou única explicação possível do nosso universo.

Isso ocorreu principalmente por conta da **Igreja Católica**, instituição romana que incorporou a filosofia aristotélica ao mesmo tempo em que detinha grande influência sobre as pessoas que viviam naquela região.

Padres e outros membros da Igreja Católica estudavam obrigatoriamente disciplinas como filosofia, matemática, astronomia, entre outras. Assim, muitos estudiosos católicos seguiram e fortaleceram as ideias de Aristóteles.

A Igreja Católica Apostólica Romana era tão poderosa, que em alguns lugares se confundia com o próprio governo durante a Idade Média (veja a linha do tempo no topo da página).

Ela era capaz de impor leis segundo seu dogma. No ano de 1022 d.C, a Igreja católica criou o Tribunal Público contra a Heresia, tribunais desse tipo deram início a um processo de combate a heresia (ir contra deus ou contra a igreja), processo que durou aproximadamente 800 anos. Chamamos esses tribunais de Inquisição.

Em algumas épocas esse combate tornou-se violento ao ponto de condenar à morte na fogueira aqueles que eram considerados hereges, bruxos, pecadores.

“Ameaçada pela reforma protestante, a Igreja Católica Romana exigia a adesão total a seu dogma, e tinha o reforço da violenta ameaça da inquisição. O medo da heresia estava no ar.” (Fonte: Documetário: [Galileu Galilei - Gênios da Ciência - Futura](#))

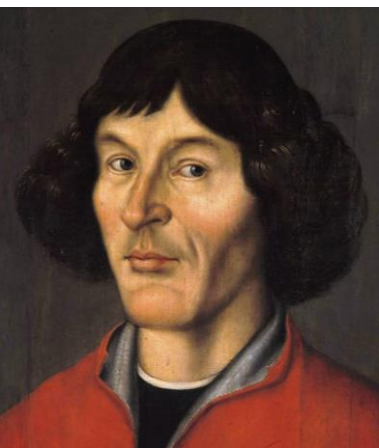
Tudo que pudesse ferir as ideias tidas como verdadeiras pela Igreja (incluindo a **visão aristotélica**) poderia ser considerado um crime punível com a morte.

Centralizando o conhecimento acadêmico, isto é, nas áreas da matemática, astronomia e filosofia, os estudiosos da igreja seguiam os dogmas cristãos, e os associavam as ideias do filósofo Aristóteles. Isso inclui a crença de que o planeta Terra está parada no centro do universo. Aliás, so-

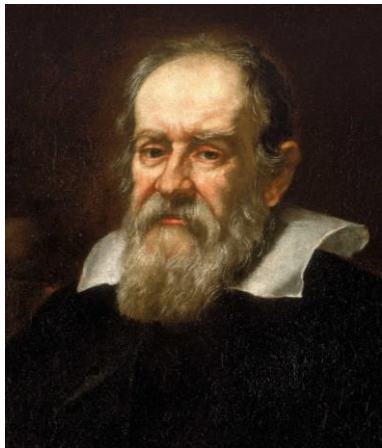
mos a obra-prima de Deus, faz sentido estarmos no centro de tudo. Certo? Durante um longo tempo, não houve espaço para discordância.

### 3 . 1. O início da Ciência Moderna

**Nicolau Copérnico** foi um matemático polonês (também membro da Igreja). Ele desenvolveu um modelo matemático capaz de descrever o universo, isto é, de descrever precisamente o movimento dos corpos celestes (planetas). Isso já havia sido feito anteriormente, mas os cálculos de Copérnico eram muito mais simples e eficientes. Só que havia um problema, seus cálculos funcionavam bem porque considerava que o Sol (não a Terra) estava no centro do universo. Obviamente que essa ideia não “foi para frente” (lembra da **Inquisição?**).



*Figura 1: Nicolau Copérnico (1473-1543)*



**Galileu Galilei** (um italiano nascido em 1564 d.C) era um católico fervoroso. Suas duas filhas viraram freiras, dedicando suas vidas à Igreja Romana. Galileu era um matemático muito habilidoso e ocupou-se, entre outras coisas, em discutir a ideia do já falecido Nicolau Copérnico.

**Galileu Galilei**, acreditava e afirmava enfaticamente que **Copérnico** estava correto, ou seja, que o Sol estava realmente no centro do nosso universo. Por conta da Inquisição foi perseguido, e para não perder a vida, Galileu teve de negar suas ideias e parar de defender o **Heliocentrismo** (do Sol no centro). Mas acabou sendo condenado a prisão domiciliar, passando seus últimos nove anos de vida preso em casa.

Hoje sabemos que Galileu estava correto em defender em afirmar que o

planeta Terra se move em torno do Sol. Seus estudos foram fundamentais para o desenvolvimento da astronomia, sendo ele, o inventor da luneta (uma espécie de telescópio) mais potente de sua época. As observações de Galileu, junto com seus estudos **experimentais** dão início à **ciência natural**, ao ramo do conhecimento que chamamos de **Física**.

Podemos dizer que Galileu é um dos "primeiros" cientistas. A **ciência** é diferente da filosofia, nesse contexto, pois para tratar da **natureza**, os estudos científicos passaram a se basear e realizar **experimentos** e cálculos **matemáticos** para comprovar ou refutar as ideias das teorias. Esse é o "começo" da **Física**.

### 3 . 2 . Cinemática

Uma frase famosa de Galileu diz: "**A matemática é o alfabeto no qual Deus escreveu o universo**". Galileu foi um dos principais personagens que trabalharam para que a **visão de mundo aristotélica** fosse superada. O físico ocupou-se em estudar o movimento das coisas. Sua maneira de tratar o movimento matematicamente foi e é muito importante para a Física como um todo. Damos o nome a essa área iniciada por Galileu de **Cinemática** (palavra que vem de "*kinema*", que significa **movimento** em grego).

A **Cinemática** foi e é um conhecimento importante por vários motivos, ele é utilizado em uma série de tecnologias, na astronomia, aeronáutica, robótica, entre muitas outras. A **Cinemática** é o ramo da **Física** que se ocupa em **descrever o movimento** das coisas, dos objetos, dos corpos.

Começaremos estudando o movimento em uma **única direção**, por ser o caso mais simples. Quando fazemos isso, utilizamos uma matemática mais "simples", numérica e, por isso, damos o nome de **Cinemática Escalar** (escalar = número).

#### 3 . 2 . 1 . Referencial e Sistema de Referência

Galileu percebeu a necessidade de adotar um **Referencial** no estudo do movimento. Todo movimento só pode ser analisado comparativamente. Isto é, só podemos dizer se um corpo está em movimento e como ele é quando o comparamos com outra coisa, com um objeto de referência. Pense comigo, as paredes da sua casa estão se movendo? A resposta certa é: depende. Pois a sua casa está presa no planeta Terra, que por sua vez gira em alta velocidade em torno do Sol. Isso significa que as suas paredes se movem se a compararmos com o Sol (ou melhor, se adotarmos o Sol como referencial). Entretanto, as

paredes de sua casa não se movem entre si, nem em relação ao chão.

Dessa forma, o **movimento é relativo**, relativo a um certo **referencial**. As paredes da sua casa estão paradas em relação ao chão, mas estão em movimento em relação ao Sol.

### 3.2.2. Espaço, Tempo e Movimento

Quando Galileu ia à igreja observava um **lustre** (Figura 3) que ficava preso no teto, balançando constantemente para lá e para cá. Ele percebeu que o movimento de vai e vem demorava um tempo "exato". Isso o motivou a estudar esse tipo de movimento (quando temos um objeto pendurado, que oscila, isto é, balança, chamamos esse objeto de **pêndulo**). Veja as figuras abaixo. O estudo de Galileu possibilitou que fossem criados **relógios de pêndulo** (Figura 4), muito mais precisos do que os relógios da europeus da época.



*Figura 3:*  
Lustre



*Figura 4:*  
Relógio de pêndulo

O **tempo**, na Física, só pode ser definido e medido por meio de um **movimento**. Como é o caso dos ponteiros de um relógio: seu giro **constante** conta o tempo. Assim, podemos dizer que algo está em movimento se, no decorrer do **tempo**, ele muda de **posição**, ou seja, muda sua **localização**. Como os ponteiros de um relógio: o ponteiro das horas completa sua volta em 12 horas; e por isso, ele dá duas voltas em um dia.

Os ponteiros de um relógio se **movem** pois mudam de **posição** com o passar do **tempo**. A **posição (S)** é um conceito fundamental para o **estudo do movimento** e, por isso, é uma noção essencial para a **Física**.

### 3.2.3. Posição (S)

A **posição é o espaço que um corpo ocupa, ou seja, é onde este objeto se localiza**. Em linguagem matemática, podemos associar a localização de um objeto a um **número** (escalar) que indica a distância desse corpo em relação ao Sistema de Referência adotado. Veja o esquisito exemplo de uma formiga que caminha em cima de uma régua.



*Si = 2 cm*

*Sf = 8 cm*

*Figura 5: sistema de referência*

Na primeira figura a posição da formiga é igual a 2 centímetros. Matematicamente podemos escrever: **posição = 2 cm**. Tradicionalmente utilizamos a letra **S** como abreviação da palavra **espaço** (devido a palavra "Space" em inglês, que significa "espaço"). O **espaço** é a **localização** do corpo, isto é, sua **posição (S)** em um dado Sistema de Referência. Assim, podemos escrever: **S = 2 cm** e lemos assim: "a **posição é igual a dois centímetros**". Caso a formiga esteja, por exemplo, saindo de uma **posição inicial (Si)** igual a dois centímetros para uma **posição final (Sf)** igual a oito centímetros. Podemos escrever da seguinte maneira:

$$S_i = 2 \text{ cm}$$

$$S_f = 8 \text{ cm}$$

Esse raciocínio não parece muito útil para analisarmos o movimento de uma formiga, mas essa é uma ideia muito poderosa na Física e, particularmente, na Mecânica. Pois essa ideia pode ser aplicada a inúmeros problemas reais. Pois a partir da definição da **posição (S)** elaboramos conceitos muito interessantes (como **velocidade**, **aceleração**, **força**, **energia**, etc) e que nos auxiliam a interpretar e compreender diversos fenômenos da *Natureza*. Esses conceitos são importantes não apenas para a Física em si, mas para diversas áreas das Ciências (como Biologia e Química), das engenharias, dentre outros campos do saber. Não seria exagero

afirmar que esses conceitos tiveram forte influência sobre a forma como as sociedades se desenvolveram nas últimas décadas. Não apenas por tentar entender e explicar o funcionamento da Natureza (ou do Universo), mas também por que esteve relacionada ao desenvolvimento de diversas tecnologias, como a criação e a sofisticação das máquinas. A Mecânica é uma das áreas da Física que foram mais relevantes para a ocorrência, no século XVIII, do processo histórico chamado de **Revolução Industrial**. Os conceitos **força** e **energia** foram e são fundamentais para entendermos e desenvolvermos máquinas e outras tecnologias.

Antes de falarmos de conceitos centrais como **força** e **energia**, precisamos falar de algumas ideias e definições matemáticas. A partir do conceito de **posição (S)** definiremos o **deslocamento ( $\Delta S$ )** realizado por um corpo.

### 3.2.4.

#### Deslocamento ( $\Delta S$ )

Ao se mover, um objeto muda de **posição (S)**. Sempre que estivermos estudando um movimento utilizaremos um **Sistema de Referência**. Os sistema de referência utilizado no exemplo da formiga é a **régua**. Matematicamente, a régua será uma **Reta Real**. Ou seja, uma linha imaginária que contém todos os números **Reais**, que por sua



vez, representam comprimentos no mundo físico – compare a Figura 5 com a Figura 6. Na **Cinemática** sempre é necessário utilizar uma “régua” para tratar o movimento matematicamente. Vejamos agora o conceito de **deslocamento** ( $\Delta S$ ).

Quando a formiga muda de **posição** ( $S$ ) ela está realizando um **deslocamento** ( $\Delta S$ ). Quantos centímetros a formiga se deslocou saindo da posição dois centímetros ( $S_i = 2 \text{ cm}$ ) e indo para a posição oito centímetros ( $S_f = 8 \text{ cm}$ )? Dá para perceber pela figura que o deslocamento foi de 6 cm. Um deslocamento sempre pode ser calculado subtraindo a **posição final** da **posição inicial**. Matematicamente:  $S_f - S_i$ . Assim:

$$\begin{aligned} \text{deslocamento} &= 8 \text{ cm} - 2 \text{ cm} \\ \text{deslocamento} &= 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Costumamos representar o conceito de deslocamento com o símbolo  $\Delta S$  ( $\Delta$  é a letra grega **delta** e, em geral, representa uma **subtração**, neste caso, uma subtração das **posições inicial** ( $S_i$ ) e **final** ( $S_f$ ). Dessa forma, fica definido matematicamente o **deslocamento** ( $\Delta S$ ) como:

$$\Delta S = S_f - S_i$$

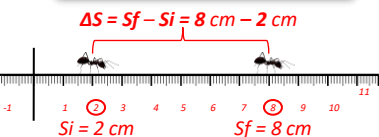


Figura 6: Sistema de Referência (Reta Real)

Dessa forma, o Deslocamento ( $\Delta S$ ) é definido matematicamente como a **diferença** entre as **posições final** ( $S_f$ ) e **inicial** ( $S_i$ ). Algo é importante de ser observado: qual seria o valor do **deslocamento** ( $\Delta S$ ) caso a formiga tivesse feito o caminho oposto? Nesse caso, a **posição final** ( $S_f = 2 \text{ cm}$ ) e a **posição inicial** ( $S_i = 8 \text{ cm}$ ) são diferentes. O que resulta em  $\Delta S = -6 \text{ cm}$ . Isso significa que ela percorreu a mesma distância, mas no sentido oposto. Observar isso é importante, pois sempre que se utiliza um Sistema de Referência (que nesse caso é a régua), haverá um **sentido negativo** e um **sentido positivo**. Da forma como esta régua está desenhada, o **sentido positivo** é para a **direita**, e o **sentido negativo** para a **esquerda**.

### 3.2.5. Instante ( $t$ ) e Intervalo ( $\Delta t$ ) de tempo

Medir o tempo é essencial no estudo do movimento. É importante entendermos aqui o que é um **instante de tempo** ( $t$ ) e um **intervalo de tempo** ( $\Delta t$ ).

Um **instante de tempo** ( $t$ ) é um momento de “tamanho zero”, é um ponto na linha do tempo. Por exemplo, uma corredora brasileira chamada Rosângela Santos bateu em 2017 o recorde sul-americano na corrida de 100 metros. Ela cruzou a linha de chegada

exatamente 10,91 segundos após a largada. Esse foi o **instante (t)** em que ela terminou a corrida. O tiro de largada da corrida marcou o **instante de tempo inicial (ti)**. Assim, consideramos atletas começam a correr aos zero segundos (**ti = 0 s**).

Chamamos de **instante de tempo final (tf)** o instante em que “acaba” o movimento que estamos analisando, no caso da corredora, foi exatamente em **tf = 10,91 s** o instante em que ela terminou a prova, estabelecendo um recorde.

Diferente do instante (**t**), o **intervalo de tempo (ti)** é um **período**. Isso significa que um intervalo é sempre o tempo decorrido entre dois **instantes (ti e tf)**. Nesse exemplo, o cronômetro começa marcar a corrida de Rosângela em **ti = 0 s** e encerra em **tf = 10,91 s**.

Agora imagine uma aula de Física que inicie às 13,25 horas e termine às 14,25. Qual é o período de duração dessa aula? Bom, ela dura um **intervalo de tempo** de uma hora, isto é, **Δt = 1 h**. Matematicamente, definimos o **intervalo de tempo (Δt)** como:

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Veja a conta em detalhes **intervalo de tempo (Δt)** da aula:

$$\Delta t = 14,25 h - 13,25 h = 1,0 h$$

Perceba a semelhança dessa definição com a de **deslocamento (ΔS)** na página anterior.

### 3.2.6.

#### Velocidade Média (Vm)

A **velocidade (V)** é um dos conceitos mais importantes da **Cinemática**, na verdade, de toda a Física. A **velocidade (V)** está relacionada com a **rapidez** com que um determinado objeto se move. Vamos continuar usando o exemplo da corredora. Ela se moverá rápido se percorrer o trajeto em um tempo muito curto. Correto? Note, o recorde de Rosângela foi alcançado pois ela correu **100 metros** em **10,91 segundos**. Ela teria se movido devagar caso corresse a mesma distância em um tempo muito longo.

Dessa maneira, a **velocidade (V)** de um corpo está relacionada com o seu **deslocamento (ΔS)** e com o **intervalo de tempo (Δt)**, isto é, a **velocidade** é a proporção entre o comprimento ou a distância percorrida pelo corpo em um certo período de tempo. Matematicamente, podemos definir a **velocidade média (Vm)** como:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

O termo “**média**” significa que essa definição não permite calcular a **velocidade (V)** em cada **instante de tempo (t)**, mas estamos fazendo uma média do que ocorreu em um **intervalo de tempo (Δt)**. Por exemplo, quando as corrido-

ras saem da largada, elas ainda estão devagar, mas vão aumentando suas velocidades até o fim da corrida. O que esse cálculo faz é uma média das velocidades que a atleta atingiu durante o tempo de corrida. Veja o quadro azul abaixo!

Durante as próximas aulas, iremos desenvolver outros conceitos importantes

no estudo do movimento e, especialmente, para a compreensão da teoria newtoniana. Como é o caso da: **velocidade instantânea (V)**; do **Movimento Uniforme (MU)**; da **aceleração (a)**; do **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**; e das funções horárias da **posição S(t)** e da **velocidade V(t)**.

Agora que entendemos como calcular a velocidade média ( $V_m$ ) de um corpo, podemos aplicar essa ideia a uma grande variedade de situações. Vamos pegar o exemplo do recorde de Rosângela, e calcular sua **velocidade média ( $V_m$ )**. Sabemos que:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

e Rosângela parte da **posição inicial ( $S_i = 0 \text{ m}$ )** e termina a corrida na **posição final ( $S_f = 100 \text{ m}$ )**. Logo, seu **deslocamento ( $\Delta S$ )** foi:

$$\Delta S = 100 \text{ m} - 0 \text{ m} = 100 \text{ m}.$$

E como vimos, ela demorou **10,91** segundos nesse movimento. Ou seja, ela partiu no **instante de tempo inicial ( $t_i = 0 \text{ s}$ )**, e terminou a prova no **instante de tempo final ( $t_f = 10,91 \text{ s}$ )**. Ou seja:

$$\Delta t = 10,91 \text{ s} - 0 \text{ s} = 10,91 \text{ s}.$$

Dessa maneira, sua **velocidade média ( $V_m$ )** foi:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{10,91 \text{ s}} \Rightarrow V_m = 9,16 \text{ m/s}.$$

*Desafio: qual seria sua velocidade na unidade de quilômetros por hora (km/h)?*

Figura 7: Rosângela Santos (2021) – Fonte: [olimpíada todo dia](#).



## APÊNDICE IV

### APOSTILA DA UNIDADE 4: MECÂNICA – CAPÍTULO 4 - MOVIMENTO UNIFORME E UNIFORMEMENTE VARIADO

**Autoria: Israel Marinho Araújo**

**Objetivo:** o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de apresentar aspectos históricos dos estudos cinemáticos realizados por Galileu, o Movimento Uniforme (M.U.) e o Movimento Uniformemente Variado (M.U.V.). Particularmente, esse texto intenta: utilizar o conceito de Inércia e o conceito de aceleração gravitacional; demonstrar o conceito de aceleração média; calcular dois tipos de movimento: movimento uniforme (M.U.) e movimento uniformemente variado (M.U.V.). Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no sétimo e oitavo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.

# FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

## Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

## 4. Galileu e a Revolução Científica

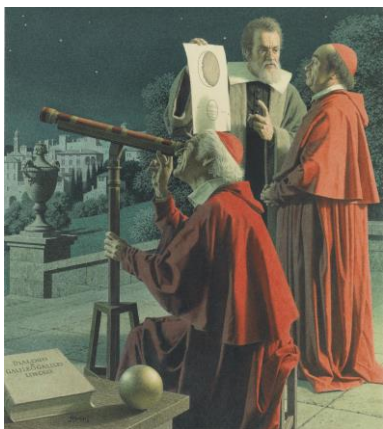
“No final do ano de 1609, Galileu Galilei apontou seu rudimentar telescópio para o céu e enxergou o cosmos mais longe e com maior nitidez do que qualquer outro ser humano havia, até então, imaginado.”  
 Fonte: OEI.

**Galileu Galilei** é sem dúvida um dos pensadores mais centrais do período de surgimento da Ciência e da **Física (Moderna)**. No mundo ocidental, a compreensão sobre o nosso Universo estava, em grande parte, ligada à **filosofia natural** grega, especialmente, às ideias de **Aristóteles**. Galileu, por um outro lado, adotou uma abordagem **matemática** rigorosa para o estudo dos problemas físicos, e também utilizou **experimentos** bem elaborados para fazer constatações e validar suas ideias. Seus cálculos e experimento eram fortes o suficiente para iniciar a demolição da duradoura teoria aristotélica.

Como discutido nos capítulos anteriores, Galileu Galilei (juntamente com outros estudiosos) foi responsável por demonstrar que nosso planeta **não** está parado no centro do Universo (**modelo geocêntrico**). Hoje sabemos nosso planeta se move rapidamente pelo espaço, girando em torno de si mesmo e do Sol (**Rotação e Translação**).

A defesa do **Heliocentrismo** por Galileu,

(isto é, que o Sol e não a Terra, estava no centro do Universo) gerou muita polêmica e, conseqüentemente, problemas para o cientista.



*Figura 1: Galileu, seu telescópio e membros da Igreja Católica - Autor: Jean-Leon Huens*



*Figura 2 - Esses são rascunhos da Lua feitos por Galileu (ao visualizar a Lua melhor do que qualquer pessoas já havia visto na história).*

Galileu foi fundamental para o início do **abandono da teoria aristotélica**. Isso significa que a duradoura **visão de mundo aristotélica** veio a ser superada, particularmente, por meio da maior exatidão alcançada pela uso sistemático dos **experimentos** e da **matemática**, metodologia que permanece até os dias atuais. Ou seja, essa é a forma como os permanecessem trabalhando atualmente. O conteúdo da Cinemática é essencial para a **Mecânica**, isto é, para o **estudo do movimento**.

No capítulo anterior, discutimos sobre a medição e a escrita matemática dos conceitos: **posição** ( $S$ ), **deslocamento** ( $\Delta S$ ), **instante** ( $t$ ) e **intervalo** ( $\Delta t$ ) de tempo e **velocidade média** ( $V_m$ ).

Na Cinemática, precisamos estabelecer um “ponto de vista” para **observar o movimento**. Quando visualizamos o movimento do Sol durante o dia, o observamos do “ponto de vista” da Terra, ou seja, de alguém que está na superfície do planeta. O Sol se move no céu. Mas o Sol realmente se move? Certamente, pois ele cruza o céu durante o dia. Mas qual movimento alguém, digamos, um astronauta, veria o Sol descrever estando ele fora da Terra? Para descrevermos (matematicamente) o movimento de um corpo é necessário adotar um **referencial**, um determinado “ponto de vista”. Isso está ligado à noção de que o **movimento é relativo**.

Esta noção nos auxilia

a desenvolver uma compreensão mais ampla do funcionamento do nosso mundo, bem como, permite desenvolver cálculos extremamente úteis para as tecnologias atuais.

#### 4.1. Movimento Uniforme (MU)

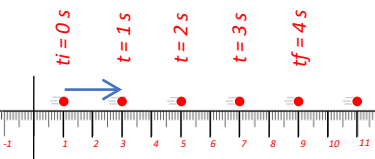
O conceito de **velocidade média** ( $V_m$ ) é poderoso porque pode ser desenvolvido para inúmeras situações. A análise do movimento de alguma coisa pode ser bastante complicado, e por isso começamos por casos mais simples. Um tipo de movimento muito simples, e que nos ajuda a pensar em casos mais complicados é o caso em que a velocidade é **constante**.

Dizer que a **velocidade** de algo é **constante** significa dizer que ele está percorrendo distâncias iguais em tempos iguais. Por exemplo, caso alguém se mova 1 metro por segundo, ela se moverá 2 metros em 2 segundos, 3 metros em 3 segundos, e assim por diante. Caso um ônibus percorra 80 quilômetros por hora, se sua **velocidade** for **constante**, ele percorrerá 160 quilômetros em duas horas, ou seja, o dobro da distância no dobro de tempo. Podemos dizer que o corpo se desloca de maneira **uniforme** e por isso

chamamos esse tipo de **movimento** (com **velocidade constante**) de **Movimento Uniforme**, pois o corpo muda de **posição uniformemente**.

Velocidade constante  
↓  
Movimento Uniforme (MU)

Veja a Figura 3 abaixo, no qual um **ponto representa um corpo** que se move com uma **velocidade constante** ( $v = 2 \text{ m/s}$ ), ou seja, que realiza um **Movimento Uniforme (MU)**. Nesse exemplo, esse objeto se desloca 2 metros a cada segundo.



*Figura 3: Representação de um Movimento Uniforme*

Pergunta: qual é a média de uma velocidade constante? Quando calculamos a média de uma quantidade que não varia, ou seja, que é constante, a média é igual ao valor que permanece constante. Por esse motivo, quando estivermos falando de **Movimento Uniforme (MU)**, onde a velocidade não varia, deixamos de acrescentar o “média” na “velocidade média”. Logo, chamaremos apenas de **velocidade (V)**, ao

invés de **velocidade média (Vm)**.

Outra simplificação que podemos adotar é medir o tempo a partir do zero. Isto é, assumir que o **instante de tempo inicial** ( $t_i = 0 \text{ s}$ ) de algum movimento em estudo será igual a zero. Dessa forma:

$$t_i = 0 \text{ s} \rightarrow \\ \Delta t = t_f - t_i = t_f - 0 \text{ s} = t_f \rightarrow \\ \Delta t = t_f$$

Dizer que  $\Delta t = t_f$  significa que o **intervalo de tempo** ( $\Delta t$ ) no qual ocorre a um movimento será igual ao **instante final** ( $t_f$ ) que medimos (com um relógio ou cronômetro). Como em nossos cálculos lidaremos apenas com  $t_f$ , podemos simplificar ainda mais:  $t_f \equiv t$ . Dessa forma, a definição de **velocidade (V)** fica:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{\Delta S}{t}$$

Essa definição é “simples”, mas muito poderosa, pois podemos lidar e entender com inúmeros problemas físicos a partir dela. Você verá que se soubermos algumas coisas sobre o movimento de um objeto, podemos determinar a sua **posição (S)** em um **instante de tempo (t)** futuro. A seguir, discutiremos sobre o **determinismo** na Mecânica.



### 4.1.2 Determinismo

A **Cinemática** é uma ciência **determinística**, isso significa que ela tem a capacidade de fazer “previsões”, estimativas, em outras palavras, de determinar o movimento. Se soubermos qual a **velocidade** (média ou constante) de uma coisa ou alguém, e sua **posição inicial** ( $S_i$ ), pode-se prever onde ele estará em um determinado momento futuro. Por exemplo, é com base nessa ideia que nosso celular utiliza o **GPS** para “prever” quanto tempo demoraremos para chegar em algum lugar. Vamos entender esse procedimento nos exemplos a seguir.

**Exemplo (1):** Imagine um carro com velocidade constante que se deslocou por uma distância de 8 quilômetros ( $\Delta S = 8 \text{ km}$ ) em 15 minutos ( $\Delta t = 15 \text{ min}$ ). Qual foi sua velocidade ( $V$ )?

Resolução:

$$V = \frac{\Delta S}{t} = \frac{8 \text{ km}}{15 \text{ min}}$$

$$V = 0,53 \text{ km/min}$$

Observação: qual seria sua **velocidade** ( $V$ ) em quilômetros por hora ( $\text{km/h}$ )?

Atividade sugerida: prove que

$$V = 0,53 \frac{\text{km}}{\text{min}} = 32 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

**Exemplo (2):** Poderíamos abordar o problema do **Exemplo (1)** de outra forma, caso soubéssemos sua velocidade e quanto tempo o carro andou. Ou seja, caso o carro tenha andado com **velocidade**  $v = 32 \text{ km/h}$  durante  $t = 15 \text{ minutos}$  ( $= 0,25 \text{ horas}$ ). Qual seria o deslocamento realizado pelo carro?

Resolução:

$$V = \frac{\Delta S}{t} \rightarrow 32 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{\Delta S}{0,25 \text{ h}}$$

Ao “passar” os  $0,25 \text{ h}$  para o lado esquerdo da equação multiplicando, temos:

$$32 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0,25 \text{ h} = \Delta S$$

$$\downarrow$$

$$8 \text{ km} = \Delta S$$

Perceba que os dois exemplos são semelhantes, o que muda são as informações que temos inicialmente. Mesmo assim, conseguimos utilizar o mesmo processo matemático (utilizando a equação  $V = \Delta S/\Delta t$  para representar e solucionar as questões.

Veja agora um exemplo no qual determinaremos em que lugar, isto é, qual **posição** ( $S$ ) um objeto ocupará em um determinado instante de tempo futuro.

**Exemplo (3):** Um estudante decide pegar o metrô para ir para escola. Considere que a rodoviária é a **origem** ( $S = 0 \text{ km}$ ) do **Sistema de Referência**, e que ele tenha pego às 13h05 horas um vagão.

**A** – Sabendo que o estudante tenha que chegar na escola às 13h15, e que a estação mais próxima da escola está a **4,5 km** da rodoviária, caso o vagão se mova com uma velocidade constante de  $V = 25 \text{ km/h}$ , o estudante conseguirá chegar no horário correto?

**B** – Qual será a **posição (S)** do vagão exatamente às 13h15?

É importante que você tente resolver esses problemas. Os dois podem ser solucionados de uma maneira “lógica”, por exemplo, via a conhecida “regra de três”. Você também pode utilizar a definição de **velocidade** ( $V = \Delta S/t$ ). Existe uma forma muito interessante de escrever essa equação, que facilita o cálculo da **posição (S)** de um corpo em algum **instante de tempo (t)**, como é requisitado na questão **B** acima. Veja abaixo a dedução da **função horária da posição S(t)**.

Quando a **velocidade** de um corpo é **constante**, ou seja, o **Movimento é Uniforme**:

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow V = \frac{\Delta S}{t}$$

Porém,

$$\Delta S = Sf - Si \rightarrow V = \frac{Sf - Si}{t}$$

$$V \cdot t = Sf - Si$$

Ao passar **t** e **Si** para o lado esquerdo da equação obtemos:

$$Si + V \cdot t = Sf$$

Que é a mesma coisa que:

$$Sf = Si + V \cdot t$$

Essa equação nos diz que a **posição (S)** que o corpo ocupará em um dado **instante (t)** é igual a soma de sua **posição inicial (Si)** com o quando ele se deslocou (isto é,  $V \cdot t = \Delta S$ ). Essa equação deixa claro que se a **posição inicial (Si)** e a **velocidade (V)** do corpo forem conhecidas, é possível determinar a **posição (Sf)** em qualquer **instante de tempo (t)**. Matematicamente, isso significa que a **posição (S)** está em **função do tempo (t)**. Para simplificar a escrita passaremos a escrever:  $Sf = S$  ou  $S(t)$ , para evidenciar que se trata de uma função. Assim:

$$S = Si + V \cdot t ;$$

essa função recebe o nome de **função horária da posição**.

**Sugestão:** tente responder novamente o **Exemplo (3) B** com esta função.

Por meio da definição matemática de **velocidade (V)**, pudemos deduzir a função  $S(t)$ , que permite determinar a **localização** de um corpo em **Movimento Uniforme (MU)**, em qualquer **instante (t)**. Na Mecânica,

É importante refletir sobre a utilidade dessa função (do primeiro grau). No nosso dia a dia, nem sempre é fácil observar um **MU**. Contudo, na **Física** trabalhamos com **modelos**, isto é, ideias que são “simplificações” da realidade. Todo modelo tem limites, e por isso, precisamos desenvolver modelos cada vez mais adequados ao fenômenos ob-

servados. Um movimento “simples”, como um metrô, que se move em uma trajetória bem definida e, em certos momentos, com **velocidade (V)** constante, é muito útil ter uma função como  $S(t)$ , por exemplo, para evitar a colisão entre vagões que andam nos mesmos trilhos. Pois conseguimos **determinar** como ocorrerá seu movimento.

Para situações mais complexas, precisaremos de ideias mais sofisticadas. Por isso, mais adiante, falaremos de movimentos em que a velocidade varia. Antes disso, cabe uma discussão sobre as **Unidades de Medida**.

## 4.2.

### Unidades de Medida

Na Física, e particularmente na Mecânica, trabalhamos com **grandezas**, isto é, com **quantidades físicas** que podem ser **medidas**, como: *tempo, comprimento, temperatura, pressão, velocidade, volume, massa, peso*, dentre outras.

Na Mecânica é essencial falarmos das unidades de medidas **espaciais** e **temporais**. Existiram e existem muitas formas diferentes de medirmos o comprimento e o tempo. Essa é uma necessidade muito antiga, dos primórdios das civilizações humanas. Em 1960 foi criado o **Sistema Internacional de Unidades**

(SI), que foi adotado pelo Brasil em 1962. Isso ajuda a evitar confusões entre os diferentes povos. Por padrão, utilizaremos: o **metro (m)**, como unidade de **comprimento**; e o **segundo (s)**, como unidade de **tempo**. Isso significa que quando falarmos de comprimento (distância, deslocamento, área, volume e outra quantidades derivadas do comprimento) utilizaremos múltiplos do **metro (m)**. Da mesma forma, para o tempo, utilizaremos os múltiplos do **segundo (s)**.

**Exemplo (4):** Um viajante percorreu uma distância de 500 km; isso significa que ele percorreu 500.000 metros.

$$500 \text{ km} = 500.000 \text{ m}$$

Essa viagem durou 2 dias; e isso significa que sua duração foi de 48 horas.

$$2 \text{ d} = 48 \text{ h}$$

Nas ciências, muitas vezes precisamos lidar com números muito grandes ou muito pequenos e, por isso, faz facilita muito utilizar a **Notação Científica**, isto é, representar as grandezas multiplicadas por uma potência de dez ( $10^a$ , onde  $a$  é um número real).

**Exemplo (5):** O diâmetro do Sol ( $D_s$ ) é aproximadamente:

$$D_s = 1.400.000.000 \text{ m}$$

$$D_s = 1,4 \cdot 10^9 \text{ m}$$

**Exercício:** demonstre que esses dois valores são iguais.

Veja a seguinte tabela das palavras (prefixos) que utilizamos no **Sistema Internacional de Unidades**.

| Fator      | Prefixo | Símbolo |
|------------|---------|---------|
| $10^{-12}$ | pico    | p       |
| $10^{-9}$  | nano    | n       |
| $10^{-6}$  | micro   | $\mu$   |
| $10^{-3}$  | mili    | m       |
| $10^{-2}$  | centi   | c       |
| $10^{-1}$  | deci    | d       |
| $10^1$     | deca    | da      |
| $10^2$     | hecto   | h       |
| $10^3$     | quilo   | k       |
| $10^6$     | mega    | M       |
| $10^9$     | giga    | G       |
| $10^{12}$  | tera    | T       |

Por isso que **1 quilometro** tem **1000** metros, ou seja, **1 km = 1000 m**. Porque **1 km =  $1 \cdot 10^3$  m**. Em relação ao tempo, é importante que você perceba que:

- **1 min = 60 s ;**
- **1 h = 60 min = 3600 s ;**
- **1 d = 24 h = 86400 s .**

### 4.3.

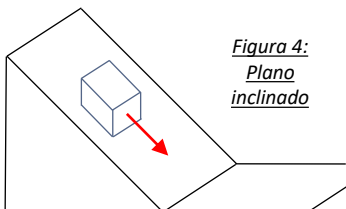
#### *A Inércia e o Movimento Uniformemente Variado*

Em relação ao estudo do movimento, até a época de Galileu (em torno do século XVII), imperava no ocidente uma forma: o aristo-

télico. Lembra-se das ideias de **Movimento Natural** e **Movimento Violento**? Essas duas formas de movimento faziam parte da teoria de Aristóteles que, mesmo com as diversas críticas desenvolvidas por filósofos da Idade Média, suas ideias permaneceram vivas até os séculos XVII e XVIII, encontrando seu fim pelos estudos de vários cientistas, dentre os quais se destacam Galileu Galilei e Isaac Newton.

Os experimentos e os cálculos realizado por Galileu confrontavam diretamente diversos aspectos da teoria aristotélica. Por exemplo: que corpos mais pesados não caem mais rápidos; que os corpos celestes seriam “perfeitos”; que nem todos corpos celestes giravam em torno da Terra, ao ver, pela primeira vez, 4 das 79 luas de Júpiter; ainda, que objetos se movem horizontalmente sem a ação de outro corpo (movimento violento), dentre outros.

Galileu investigou o movimento de corpos celestes e de corpos terrestres. Um tipo de estudo experimental realizado por ele, foi o de analisar o movimento objetos deslizando sobre uma superfície inclinada (como na figura abaixo).



*Figura 4:*  
Plano  
inclinado

Galileu percebeu algo importante: quando um objeto se move, como no caso de um bloco deslizando sobre uma plano, em geral, o ambiente oferece uma **resistência** ao seu movimento. Isso pode ser percebido imaginando duas situações. A primeira, caso você coloque o bloco sobre uma superfície inclinada (como na Figura 4) ele poderá ficar parado ou deslizar. Agora imagine que antes de colocar o bloco, alguém jogue água e sabão nessa superfície, deixando-a muito escorregadia. O que acontecerá? Faz sentido dizer que há mais chance do bloco escorregar no caso da superfície estar molhada? Se sim, o que mudou?

De fato, em superfícies lisas inclinadas, os corpos tendem a deslizar ou deslizar mais rápidos. Galileu percebia algo fundamental para a Mecânica: que em superfícies horizontais lisas ou escorregadias os objetos tendiam a manter seu movimento inalterado, ou seja, sua **velocidade constante**. Aristóteles não acreditava que os corpos poderiam manter seu movimento horizontal por "conta própria". O que Galileu constatou foi diferente: os objetos tem uma tendência a manter seu **estado de movimento** (com a **velocida-**

**de constante** e em **linha reta**), mas o ambiente oferece resistências, freios. O movimento em linha reta e com velocidade constante é chamado de **Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)**.

O **atrito** com a superfície e com o ar atuam como freios aos movimentos do nosso dia a dia, mesmo que não percebamos.

A conclusão de Galileu foi a de que todos os corpos têm uma propriedade chamada **Inércia**. Isso significa dizer que se tirássemos toda a resistência que um ambiente oferece (o que pode ser feito em um laboratório, por exemplo), poderíamos ver algo se movendo em um **MRU** (com velocidade constante e em linha reta) "para sempre".

Mas a **velocidade ( $V$ )** dos objetos podem mudar com o **tempo ( $t$ )**. O que causa isso? Para mudar a **velocidade ( $V$ )** de um corpo, é necessário empurrá-lo ou pará-lo. Isso nos ajuda a compreender, por exemplo, os **asteróides**. Rochas que viajam pelo espaço com **velocidade constante**, e em **linha reta** (pois no espaço não existe atmosfera, logo, não há resistência), viajando livremente. Se nada os empurra nem os freia, eles continuam seguindo pelo espaço por **inércia**, em **MRU**.



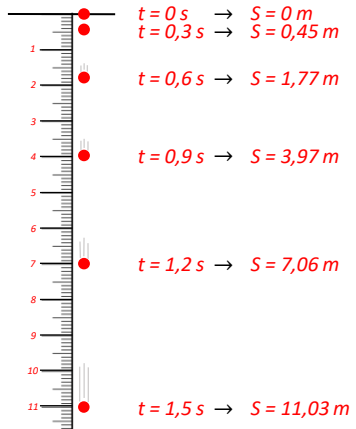
*Figura 5: Asteroide e planeta Terra*

Galileu estudou cuidadosamente o movimento de **queda**. Ele buscou realizar experimentos onde a interferência do atrito fosse mínima possível. O cientista verificou que o tempo de queda dos objetos independem do quão pesados de seus pesos. Além disso, verificou que os corpos caem **aceleradamente**. Isso significa que a velocidade varia. Galileu, verificou que quando um corpo cai sem sofrer interferência relevante do ar, sua **velocidade** aumenta constantemente, em uma taxa que o físico conseguiu medir. Galileu encontrou um valor bastante próximo para o que chamamos hoje de **aceleração gravitacional** ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). Primeiro, precisamos definir a grandeza física **aceleração** ( $a$ ).

Na Figura 3, nós representamos um objeto em um **MRU**, percorrendo uma distância de 2 metros a cada segundo. Imagine como se estivéssemos tirando uma foto dele a cada segundo, enquanto a bola vermelha anda para a direita. Dessa forma, esse corpo se desloca distâncias iguais ( $\Delta S = 2 \text{ m}$ ) em intervalos de tempos iguais ( $\Delta t = 1 \text{ s}$ ). Quando um movimento é **acelerado**, as distâncias percorridas aumentam ou diminuem ao longo do tempo. A Figura 6 (ao lado), representa uma esfera vermelha caindo. Quando jogamos uma esfera para cima, ela perde **velocidade**, ela **desacelera** até parar. Isso significa que ela percorre distâncias cada vez menores, até que atinge uma altura máxima, nesse momento, ela começa a acelerar (para baixo), ou seja, ela cai.

O que Galileu percebeu, foi que quando eliminamos a interferência do ar, os corpos caem em um **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**. Isso significa que quando os objetos caem livremente com uma **aceleração** de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , eles ganham uma **velocidade** de  $V = 9,8 \text{ m/s}$  a cada segundo. Veja a Figura 6 abaixo, que representa o que acontece quando uma esfera é solta no ar.

Imagine que estamos filmando uma esfera cair, e assim, podemos observar como sua **posição** ( $S$ ) muda verticalmente ao longo do tempo ( $t$ ), com base em uma régua (**Sistema de Referência**) colocada em uma parede ao fundo, e o relógio da câmera.



*Figura 6: Esfera caindo (sem resistência do ar)*

Na próxima página, veremos como calcular a **aceleração média** ( $a_m$ ), e você poderá estimar a **aceleração gravitacional** ( $g$ ) por meio dos dados da Figura 6.

Matematicamente, podemos definir a **aceleração média** ( $am$ ) assim:

Se em um dado **instante inicial** ( $t_i$ ) um móvel tiver uma **velocidade inicial** ( $V_i$ ) e, posteriormente, em um **instante final** ( $t_f$ ), ele tenha uma **velocidade final** ( $V_f$ ), então sua **aceleração média** ( $am$ ) será:

$$am = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$$

Ou seja, a aceleração ( $am$ ) é o quanto a velocidade varia ( $\Delta V$ ) no em um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ).

A **aceleração** é um conceito muito importante para a Mecânica, especialmente, porque na **teoria newtoniana**, definiremos o conceito de **força** ( $F$ ), diretamente relacionado com o conceito de **aceleração**. Pois a **força** é a **ação** que **modifica a velocidade** de um corpo, ou seja, é o que produz uma **aceleração**. Isso nos ajudará, por exemplo, a entender o que é a **força gravitacional**, que é a forma como a **gravidade** do planeta age sobre os objetos em sua superfície, por exemplo, fazendo-os cair.

**Exemplo (6):** Atualmente, verificar o valor da **aceleração gravitacional** ( $g$ ) é extremamente facilitado pelas tecnologias que estão disponíveis. Uma forma muito simples e precisa de estimar  $g$  é por meio do programa Tracker. A Figura 6 mostra um esquema simples mas muito poderoso, semelhante ao que o próprio Galileu construiu séculos atrás.

### Exemplo (6):

**A** – Observe os dados da Figura 6. Sabendo que no instante  $t = 0 \text{ s}$  a **posição** da esfera foi  $S = 0 \text{ m}$ , e que no instante em que  $t = 0,3 \text{ s}$ , a **posição** foi  $S = 0,45 \text{ m}$ , calcule a **velocidade média** ( $V_m$ ) da esfera entre estes dois instantes.

**Resolução:**

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} \rightarrow \\ V_m &= \frac{0,45 \text{ m} - 0 \text{ m}}{0,3 \text{ s} - 0 \text{ s}} \rightarrow \\ V_m &= \frac{0,45 \text{ m}}{0,3 \text{ s}} = 1,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

**B** – Observando os dados da Figura 6 e o exemplo acima, responda. Considerando que no instante  $t = 0,3 \text{ s}$  a **posição** da esfera foi  $S = 0,45 \text{ m}$ , e que no instante em que  $t = 0,6 \text{ s}$ , a **posição** é  $S = 1,77 \text{ m}$ , calcule a **velocidade média** ( $V_m$ ) da esfera entre estes dois instantes.

**C** – Considere a velocidade calculada no **Exemplo (6) A** como a **velocidade inicial** ( $V_i$ ), e a velocidade calculada no **Exemplo (6) B** como a **velocidade final** ( $V_f$ ) para estimar o valor da **aceleração gravitacional** ( $g$ ). Utilize a definição de **aceleração média** ( $am$ ), isto é:

$$g = am = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

**D** – O valor que você encontrou para  $g$  se aproxima de  $9,81 \text{ m/s}^2$ ? O que justificaria essa diferença?

## APÊNDICE V

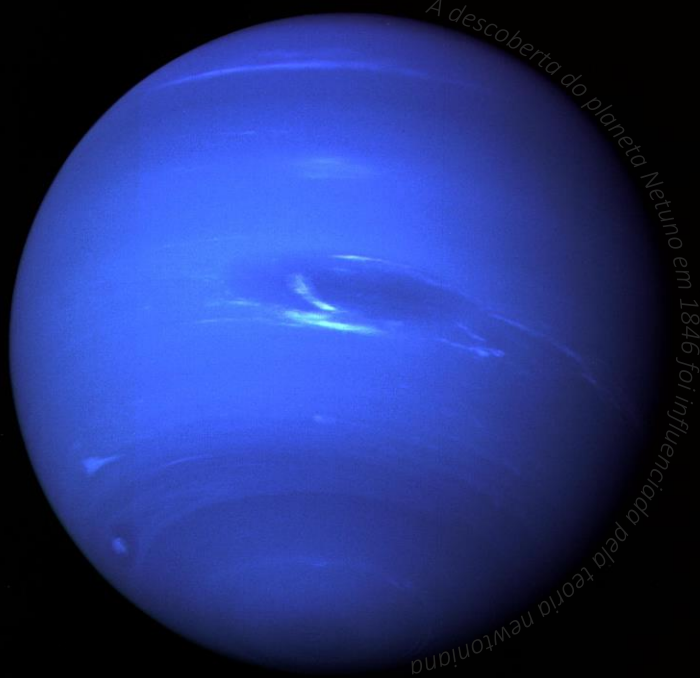
### APOSTILA DA UNIDADE 5: MECÂNICA – CAPÍTULO 5 - TEORIA NEWTONIANA

**Autoria: Israel Marinho Araújo**

**Objetivo:** o material didático desta unidade foi produzido com o intuito de apresentar aspectos históricos e conceituais da teoria newtoniana sobre o movimento dos corpos e o sistema de mundo moderno. Particularmente, esse texto intenta: delimitar o conceito de Revolução Científica; explicar uma definição de massa, as Leis de Newton e a Teoria da Gravitação Universal; justificar as definições vetoriais de posição, deslocamento, velocidade e aceleração. Essa unidade fundamenta teórica e metodologicamente os conteúdos abarcados no nono, décimo, décimo primeiro e décimo segundo encontro (ou aula) da sequência didática proposta.



# FÍSICA



DE TALES DE MILETO A ISAAC NEWTON

## Mecânica Clássica

Israel Marinho Araújo, Brasília-DF, 2022

## Apresentação

Olá! Essa é a parte final da nossa apostila. Ela não é muito grande, mas é bastante densa. Parte dos conteúdos serão melhor compreendidos na medida em que você praticar com a resolução de exercícios. Você deve ler o texto em um primeiro momento e fazer as atividades da plataforma em seguida. Também serão disponibilizados dois vídeos para complementar e auxiliar na explicação desse importante tema. Nesse texto queremos aprender sobre: **Johannes Kepler**; **Isaac Newton**; uma definição para **massa**; as **Leis de Newton**; a **Força Resultante**; **tipos de força**; **Força Gravitacional**; e sobre o **sistema de mundo moderno**.

### 5. 1. O pensamento antigo e medieval é deixado para trás. A ciência nasce.

O **conhecimento científico** tem uma característica importante: todo saber pode ser melhorado, aperfeiçoado ou mesmo abandonado diante de uma melhor (ou mais completa) explicação da *Natureza*.

A teoria sobre o funcionamento da *Natureza* criada pelo filósofo Aristóteles é falha em vários aspectos. Por esse e outros motivos ela perdeu espaço para teorias melhores. Por exemplo, hoje sabemos que a **água** não é algo **elementar**, na verdade, ela é formada por duas coisas mais elemen-

elementares: o **Hidrogênio** e o **Oxigênio**. Isso significa que água pode ser decomposta e recomposta a partir de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (**H<sub>2</sub>O**). Veja abaixo a representação de uma molécula de água.

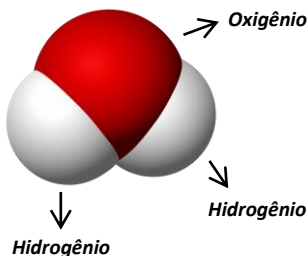


Figura 1: Representação 3D de uma molécula de água

Atualmente, a melhor explicação científica sobre o que **forma** ou **constitui** as coisas do nosso mundo, isto é, os **corpos materiais**, é a **teoria atômica**. Não existe apenas Terra, Água, Ar, Fogo e Éter, como pensava Aristóteles. Pode-se dizer que existem pouco mais de 100 "pedaços" diferentes de matéria, objetos muito pequeninhos, chamados de **átomos**. A junção dessas pequenas partes de matéria que formam os materiais que conhecemos. Por exemplo, a **água** é uma **substância**, não um elemento, pois é formada por **moléculas** que contêm três **átomos** (um átomo maior chamado **oxigênio** e dois menores chamados de **hidrogênio**).

Diversos cientistas estiveram envolvidos na nos estudos sobre a possível **composição** da **água** e do **fogo**. Um jovem francês chamado **Antoine Lavoisier** (1743 – 1794) realizou uma

série de estudos e indicou que para a ocorrência do **fogo**, é necessário **ar**, ou melhor, uma **parte do ar**, que nomeou de **oxigênio**. No século XVI se conhecia um tal “gás inflamável”, um gás explosivo, produzido a partir da mistura de **ferro** com **ácido sulfúrico**. Ao observar que a explosão desse gás produzia umidade (água), Lavoisier, em 1783, sugeriu que a água seria uma substância formada por **oxigênio** e o tal “gás inflamável”, que ele renomeou como **hidrogênio**, que em grego significa “*gerador de água*”. Posteriormente, Lavoisier participou da criação de um aparato que misturava lentamente esses dois gases, de **oxigênio** e **hidrogênio**, colocando em contato essa **mistura** de gases com uma fagulha elétrica. Algo impressionante acontecia: **água era produzida**.



Figura 2: Lavoisier e Marie-Anne, sua esposa.

Lavoisier, por vezes, é considerado o “pai da química moderna” por essa e outras descobertas que revolucionaram a compreensão sobre **matéria** e suas **transformações**. De maneira semelhante, Galileu Galilei é considerado o “pai da física moderna.” Esses títulos indicam que essas pessoas foram essenciais para uma transformação no conhecimento acadêmico: processo chamado de **Revolução Científica**. Os dois são pioneiros da **Física e Química**.

Algumas das principais contribuições de Galileu:

- Matematização do movimento;
- Demonstração da relatividade do movimento;
- Introdução do conceito de Inércia;
- Demonstração que um movimento complexo equivale à soma de vários movimentos simples ocorrendo simultaneamente;
- Desmonstração que na ausência de resistência do ar, os corpos caem com uma aceleração  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  (independente de sua massa);

Galileu começou a trilhar um caminho de estudo que teria o seu ponto mais alto, o topo, anos depois com um físico inglês chamado **Isaac Newton**. Os estudos de Galileu foram essenciais para que Newton pudesse desenvolver sua **teoria sobre o movimento** e sobre a **gravidade**.

A descrição precisa do movimento, e as evidências encontradas por Galileu tiveram grande influ-

ênica nas explicações sobre as **causas do movimento** por **Isaac Newton**.

## 5. 2. Isaac Newton e o novo Sistema de Mundo

No mesmo ano em que faleceu Galileu (1642) nasceu Isaac Newton. Um bebê prematuro, bastante frágil, que ganhou o nome de seu pai (que havia morrido três meses antes de seu nascimento). Próximo de atingir 3 anos de idade foi enviado para os cuidados de seus avós, e permaneceu praticamente sem contato com sua mãe até os 8 anos. Hannah, sua mãe, o enviou para uma escola na esperança que se tornasse um bom fazendeiro, como seu pai foi.

Newton se tornou um jovem muito fechado, introspectivo, antissocial. Algumas pessoas afirmam que sua complicada vivência familiar o tornou uma pessoa muito solitária, concentrava seus afazeres entre sua fé cristã e em seus estudos de **Alquimia** (uma forma de estudar a matéria anterior à **Química**, que misturava ciência e misticismo).

Newton tinha quase uma compulsão por aprender, os estudos eram como um refúgio para ele .

Quando foi enviado para estudar, Newton dividiu quarto com um homem chamado Clark, o dono de uma farmácia. Newton se interessou pelos misteriosos frascos de Clark, tanto que Clark lhe ensinou sobre suas poções, e lhe deu acesso aos seus livros de Alquimia. Newton se dedicou muito em

aprender sobre alquimia e, posteriormente, em construir umas engenhocas.

Ao terminar a escola, Newton iria começar seus trabalhos na fazenda de sua família, mas um de seus professores, reconhecendo a genialidade de seu aluno, insistiu para que o jovem tentasse ingressar em uma faculdade. Sua mãe foi convencida e Newton foi aceito na universidade Trinity College de Cambridge (Inglaterra).

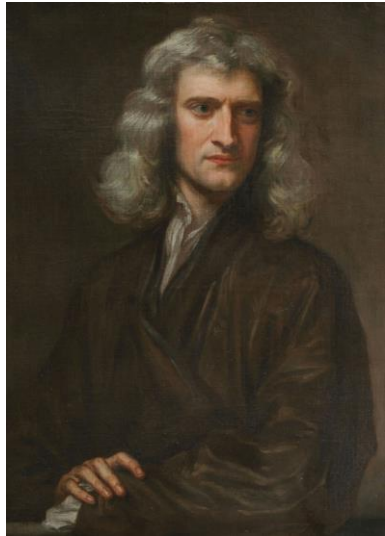


Figura 2: Isaac Newton (1689)

Sua característica individualista o fazia dedicar muito tempo aos livros. Em alguns anos ele já havia dominado os conteúdos mais avançados de matemática.

Quando se formou, ganhou uma bolsa de estudos para continuar na universidade. Mas uma peste (epidemia) atingiu a Europa, e a universidade teve que fechar. Newton ficou 18 meses em casa estudando in-

tensamente. Dedicou-se a estudar fenômenos luminosos. Realizando diversos experimentos importantes, o que lhe fez desenvolver um grande conhecimento sobre o comportamento da luz (no futuro ele apresentaria um trabalho explicando o que são as cores dos objetos e do que a luz seria formada).

Newton, em seu isolamento, também trabalhou em outras questões físicas, e para isso, começou a desenvolver uma nova área que se tornaria uma das mais importantes da matemática: o **Cálculo** (Diferencial e Integral). Nesse momento, ele começava a desenvolver uma compreensão profunda e revolucionária sobre a **gravidade**.

Sua personalidade fechada o fez guardar suas ideias consigo mesmo. Sua teoria sobre o movimento e sobre a gravidade talvez nunca tivesse sido publicada se alguns de seus colegas não tivessem insistido nisso.

### 5 . 2 . 1. Quem influenciou Newton?

Quando Newton estava na faculdade teve por meio de seu professor acesso aos estudos sobre a **gravidade** e o **movimento** de **Galileu**; sobre as **leis de Kepler**; e a filosofia natural de **Renê Descartes** (um dos filósofos/matemáticos mais importantes de sua época, grande estudioso da **mecânica**).

Descartes pensava no mundo como um mecanismo com várias peças interligadas colocando um sistema em funcionamento, como uma máquina que poderia ser tratada geometricamente.

Newton ficou fascinado com a matemática e a filosofia natural (que depois passou a ser chamada de **Física**), e assim, passou a estudar os grandes mistérios da época. Confrontando duramente algumas ideias de **Descartes**.

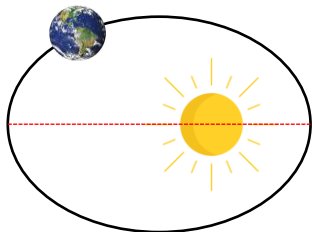


*Figura 3: René Descartes*

### 5 . 2 . 2. O que são as Leis de Kepler?

**Johannes Kepler** (1571 – 1630) foi um astrônomo e matemático alemão, ajudante de **Tycho Brahe** (1564 – 1601), um nobre dinamarquês que trabalhava em um dos **observatórios celestes** mais sofisticados de sua época. Tycho compilou uma série de dados (informações) sobre as órbitas celestes. Esses dados foram interpretados por Kepler, que percebeu que as órbitas dos planetas apresentavam três características regulares. Os dados fortaleciam o modelo **Helio-cêntrico**. De maneira simpli-

ficada a **1ª Lei de Kepler** diz que todos os planetas percorrem **órbitas elípticas** com o Sol fixo em um dos **focos** dessa elipse (isto é, em uma posição específica deslocada do centro), veja a figura a seguir.



*Figura 4: Representação de uma órbita elíptica*

Observação:

- A elipse é um “círculo achatado”;
- O foco é uma posição geométrica específica, deslocada do centro;
- A linha pontilhada na Figura 4 é chamada de “semi-eixo maior” da elipse.

A **2ª Lei de Kepler** determinou que os planetas se movem com velocidades variáveis, ao contrário do que se costumava pensar. Eles ganham velocidade quando vão em direção ao Sol, e perdem velocidade quando estão se distanciando. A **3ª Lei de Kepler** determina que há uma proporção exata entre o semi-eixo maior e o tempo que demora para o planeta completar a órbita. [Clique aqui para mais aprender sobre as Leis de Kepler.](#)

*Figura 5: Tycho Brahe*



*Figura 6: Johannes Kepler*

### 5.2.3. Professor de Matemática

Newton ocupou a vaga de seu antigo professor e orientador na universidade, tornando-se um professor de Matemática na Trinity College, uma universidade ligada a fé cristã. O cientista passou a estudar exaustivamente teologia e alquimia durante essa época, tentando compreender o universo, que ele acreditava ser a criação divina. Sua compreensão matemática e física da natureza crescia, e assim, Newton desenvolveu sua ideia de sistema de mundo, em outras palavras, sua nova compreensão do universo.

Com as leis de Kepler, o **sistema de mundo moderno** foi criado, e os **astrônomos** da época buscavam uma explicação para as **órbitas elípticas dos planetas em torno do Sol**. Um astrônomo chamado Halley procurou Newton e lhe indagou sobre o assunto, perguntando: o que faria com que os planetas descrevessem elipses no espaço? Newton respondeu que já tinha achado a solução para essa pergunta, uma **força** específica, que **diminuíva quadraticamente** com a **distância**, algo que ele já havia provado matematicamente. Halley ficou surpreso e insistiu que Newton lhe enviasse seus cálculos. Após recebê-los meses depois, Halley incentivou que Newton publicasse suas ideias. O físico revisou suas anotações e, assim, reescreveu o que seria sua obra-prima: um livro de três partes chamado **Princípios**

**Matemáticos da Filosofia Natural**. Esse é um dos livros mais importantes da ciência, pois serviu como a base para a ciência moderna.

### 5.2.4. Teoria Newtoniana sobre o movimento

Nesse livro Isaac Newton desenvolveu uma teoria completa sobre o movimento e sobre a gravidade. Descreveu sua ideia sobre a **estrutura do universo**, mostrou como calcular a **massa (quantidade de matéria)** de um planeta, explicou por que a **Terra é achatada nos polos**, por que há uma **saliência na Linha do Equador** e como as **marés** funcionam, explicou o **movimento dos cometas**, tudo isso, basicamente por que foi capaz de explicar corretamente o funcionamento da **gravidade**. A **teoria newtoniana** é um dos pontos mais altos da **Mecânica**. Para entendermos essa **teoria do movimento** e da **gravidade** de Newton, precisaremos compreender alguns conceitos antes. Você já ouviu falar de **Vetores**?

As grandezas **escalares** são aquelas que podemos determinar com apenas um número (**escalar**), por exemplo, a idade de alguém, a massa de um objeto, sua densidade ou temperatura, etc. Pode-se dizer: “a temperatura chegou a 32 graus hoje”. E nesse caso não precisamos de informações adicionais acerca da temperatura. Ela foi bem determinada por um número. Já as grandezas **vetoriais** (como a **posição**, a **velocidade**, a **aceleração** e a

**Força**) são quantidades que precisam de mais de uma informação para determiná-las de maneira completa. Se quisermos saber onde estará um carro que mantém uma velocidade de 80 km/h precisaremos saber em qual direção ele está indo, pois ele poderia andar nessa velocidade em qualquer direção e sentido.

Os vetores são objetos matemáticos muito eficientes para o estudo do movimento, pois carregam três informações: o **módulo** (seu valor ou magnitude), a **direção** (orientação) e o **sentido** (“para um lado ou outro” em uma determinada direção). Costumamos representar os vetores como setas (Figura 7), pois as setas podem representar essas três informações.

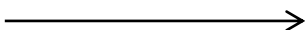


Figura 7: Representação de um vetor

- O **módulo** ou **intensidade** da grandeza física é representada pelo tamanho da seta;
- A **direção** é dada pela orientação do segmento de reta (linha) que forma a seta;
- E o **sentido** é indicado pela “ponta” da seta.

Na Figura 7, o vetor tem a direção horizontal, e o sentido para a direita. Logo, repare que toda direção tem dois sentidos. Na direção vertical os dois sentidos são: para cima e para baixo.

Como já vimos, os vetores também operam semelhante aos números, isto é, se somam, subtraem, etc. Para diferenciá-los dos números, utilizamos setas em cima dos vetores ( $\vec{V}$ ). Veja o exemplo a seguir:

Um avião viaja para o **Norte** com uma **velocidade** de  $V_N = 300$  km/h. Em parte do seu percurso um vento o empurra continuamente para **Leste** com uma **velocidade**  $V_L = 100$  km/h. Isso fará com que o avião se desloque na diagonal, pois a cada 3 km que andar para o **Norte** será empurrado 1 km para o **Leste**. Com os vetores podemos calcular a velocidade resultante, ou seja, o efeito somado das duas velocidades, somando os vetores. Veja a Figura abaixo.

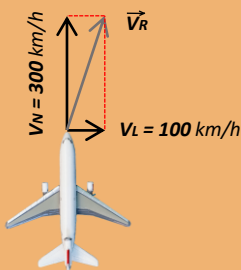
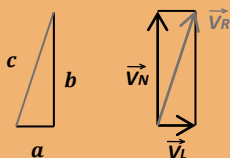


Figura 8: Representação dos vetores velocidade do avião

Podemos calcular essa **velocidade resultante** ( $\vec{V}_R$ ) somando os dois vetores velocidades ( $\vec{V}_N + \vec{V}_L$ ), os dois vetores velocidade. Perceba que as três setas formam um **triângulo retângulo**, onde a **Hipotenusa** (seta cinza) é a **velocidade resultante**. Assim, podemos calcular seu valor utilizando o **Teorema de Pitágoras**:  $a^2 + b^2 = c^2$ ; onde



onde  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os lados de um triângulo retângulo, como pode ser visto abaixo:



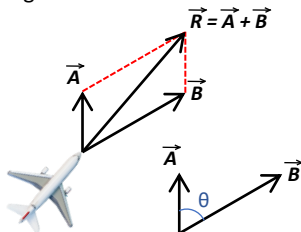
**Figura 9: Triângulo retângulo e vetores velocidades**

Perceba que as setas, isto é, os vetores também formam um **triângulo retângulo**, no qual os lados  $a$ ,  $b$  e  $c$  são  $\vec{V}_L$ ,  $\vec{V}_N$  e  $\vec{V}_R$ , respectivamente. Ou seja: um lado do triângulo mede **100 (km/h)**, outro **300 (km/h)** e a hipotenusa ( $c$ ), é o valor que queremos encontrar, que equivale ao módulo da velocidade resultante ( $\vec{V}_R$ ) do avião. Logo:

$$\begin{aligned} V_N^2 + V_L^2 &= V_R^2 \rightarrow \\ \sqrt{300^2 + 100^2} &= V_R \rightarrow \\ 316 \text{ km/h} &= V_R. \end{aligned}$$

A seta indica que é na diagonal que o avião irá viajar. A ponta da seta indica que ele se moverá no sentido nordeste (norte + leste). Desse modo, sabemos com precisão como se moverá esse avião, pois sabemos o **módulo da velocidade resultante** ( $V_R = 316 \text{ km/h}$ ), a **direção** (na diagonal) e o **sentido** (nordeste). Ou seja, o **vetor velocidade resultante**  $\vec{V}_R$  (representado pela seta cinza) contém as três informações (módulo, direção e sentido) capazes de caracterizar como esse avião se moverá nessas circunstâncias.

O importante aqui é que você compreenda que em diversos problemas físicos existem **grandezas vetoriais**, sendo importante saber operá-las. Uma maneira de fazer essa conta pode ser como no exemplo acima, usando o Teorema de Pitágoras. Mas somar vetores dessa forma só funciona quando os **vetores** formam um triângulo retângulo (ou seja, quando o ângulo entre eles é  $90^\circ$ ). Existe uma equação que serve em qualquer caso, para qualquer ângulo que houver entre os vetores, como na Figura 10 abaixo.



**Figura 10: Representação da soma de dois vetores**

Onde  $\vec{R}$  é o vetor **resultante** da soma entre os vetores  $\vec{A}$  e  $\vec{B}$ . Sempre que eu quiser **somar** um vetor  $\vec{A}$  com um vetor  $\vec{B}$  eu posso usar a **Regra do Paralelogramo** para encontrar o **módulo do vetor resultante**  $\vec{R}$ .

A **Regra do Paralelogramo** é dada pela seguinte equação:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

Onde  $\theta$  é o ângulo entre os vetores  $\vec{A}$  e  $\vec{B}$ .

[Clique aqui para ver uma explicação sobre a soma de vetores por meio da Regra do Paralelogramo.](#)

### 5. 2. 5 Leis de Newton

Agora podemos começar a entender a teoria newtoniana. A tentativa de compreender o **movimento** é, sem dúvida, muito antiga e controversa. Haviam muitos problemas a serem resolvidos. Muitas perguntas em aberto. Newton corrigiu e resumiu o desenvolvimento de décadas de estudos sobre o movimento em três frases. Isso foi revolucionário.

Por diversos motivos, podemos dizer que Newton faz parte de uma quebra de paradigma. Seu livro **Principia** causou uma revolução quando demonstrou os corpos terrestres e celestes poderiam ter seus movimentos descritos e determinados por meio de 3 regras, que Newton chamou de **Leis do Movimento**, posteriormente ficando conhecidas como as **Leis de Newton**. Vamos conhecê-las:

#### **Leis de Newton:**

1ª - **Lei da Inércia:** Todo corpo mantém seu estado de movimento (parado ou com velocidade constante e em linha reta) a menos que seja forçado a mudar de estado (mudar de velocidade) por meio de forças exercidas sobre ele.

2ª - **Princípio Fundamental da Dinâmica:** A força é a ação capaz de alterar a velocidade de um corpo de massa ( $m$ ). De maneira que a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo produzem nele uma aceleração ( $\vec{a}$ ) na direção da Força resultante ( $\vec{F}_R$ ) com intensidade igual a:

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

No qual  $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$ , onde  $N$  é o número de forças aplicadas sobre o corpo.

3ª - **Ação e Reação:** Para toda ação (força) surge uma reação, isto é, uma força de mesma intensidade e direção, mas sentido oposto.

Observações:

- a **massa** foi definida por Newton como a **quantidade de matéria** que um corpo tem;

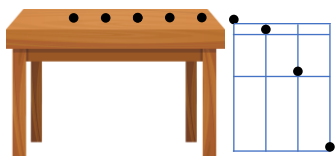
- a **Força Resultante** ( $\vec{F}_R$ ) é a soma de todas as forças exercidas sobre um objeto. Como discutiremos, existem vários tipos de forças. Veremos algumas delas: a força normal, a força de atrito, a força peso e a força gravitacional.

### 5. 2. 6 Teoria da Gravitação Universal

Newton entendeu que a gravidade é uma interação atrativa que ocorre à distância entre os corpos. Ou seja, uma força que faz os corpos se atraírem, semelhante à um ímã que atrai uma moeda. Lembra que Galileu já havia descoberto que os corpos caem aceleradamente? Agora faz sentido, pois a força é a ação que causa uma aceleração em um corpo. Então, ao soltar um objeto, a Terra o puxa para seu centro, acelerando-o para baixo na nossa perspectiva. Enquanto seguramos um corpo, estamos exercendo uma

força contrária à **força gravitacional** ( $\vec{F}_g$ ), anulando-a e, por isso, o objeto só cai quando o soltamos.

E quando um objeto é lançado para a frente? Ela continua movendo-se para frente por **inércia**, com velocidade constante, mas é acelerada para baixo (por conta da **força gravitacional**) e por isso faz esse movimento curvo característico.



*Figura 11: Esfera caindo de uma mesa*

Mas o que aconteceria se eu arremessasse uma pedra com velocidade suficiente para que sua trajetória curva acompanhasse a curvatura da Terra? Ora, se não houvesse nenhuma resistência, (como ocorre no espaço) a pedra ficaria girando infinitamente, ou seja, ficaria em órbita.

Na verdade, Newton conseguiu provar matematicamente que se você parasse a Lua, ela cairia na Terra semelhante a qualquer outro corpo. Isso significa que a órbita é uma queda infinita!

**Conclusão:** ao estudar as descobertas de Galileu, as Leis de Kepler, e para conseguir explicá-las, Newton encontrou uma equação que descreve com uma precisão absurda qual é a intensidade

da **força** de atração que ocorre entre dois corpos de massas  $M$  e  $m$ , ou seja, a força gravitacional ( $F_g$ ) que existe, por exemplo, entre um planeta e o Sol. A intensidade da **força gravitacional** é proporcional às **massas** ( $M$  e  $m$ ) dos dois corpos, sendo maior quanto maior for a massa dos dois, e sendo menor de acordo com a distância ( $d$ ) entre eles. Ou melhor, essa força **diminui quadraticamente com a distância** ( $d$ ) entre os corpos. Da seguinte forma:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2},$$

Onde  $G$  é um número, chamado de **Constante Universal da Gravidade**,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ .

Isso ajuda a compreender nosso Universo como um todo, o movimento dos planetas, satélites, asteroides, etc. Por isso essa parte recebe o nome de **Teoria da Gravitação Universal**. Newton unificou de vez o celeste e o terrestre. As leis físicas que regem o mundo aqui, regem o mundo nos confins do Universo. A gravidade, efeito de atração dos corpos fazem os objetos caírem na Terra, inclusive nós mesmos estamos presos nela por conta da gravidade. Além disso, a Lua orbita a Terra, e as duas orbitam o Sol, assim como os demais planetas por conta dessa atração.

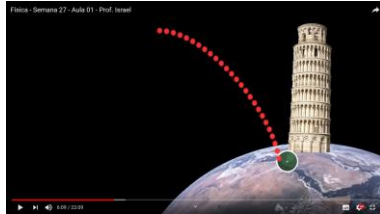
As três leis de Newton associadas à teoria da gravitação dão conta de explicar, em um primeiro momento, o movimento, o repouso e a estrutura do nosso Universo.

Mais do que interessante, vale a pena dizer que ela é uma teoria correta, adequada. Ou seja, conhecendo quais forças agem sobre um objeto, e partindo das três **Leis de Newton**, podemos determinar todo o seu movimento dos corpos. A teoria newtoniana permitiu um grande avanço científico e tecnológico. A visão de mundo newtoniana imperou até o século XX, momento em que algumas ideias da teoria newtoniana precisaram ser reformuladas, o que deu origem a áreas modernas e contemporâneas da Física (como é o caso da Teoria da Relatividade).

Para compreender com mais detalhes a Mecânica Newtoniana, clique nas imagens ao lado e veja os dois vídeos que realizam uma síntese de todo o conteúdo disponível nos cinco capítulos deste material didático.



*Teoria Newtoniana – Parte 1*



*Teoria Newtoniana – Parte 2*