

## CONTRIBUTOS A FÍSICA CLÁSSICA DO DE *MUNDI SYSTEMATE* À LUZ DE ESCRITOS CIENTÍFICOS BRASILEIROS

## CONTRIBUTIONS TO CLASSICAL PHYSICS BY THE DE MUNDI SYSTEMATE IN THE LIGHT OF BRASILIAN SCIENTIFIC WRITINGS

## APORTES DEL SISTEMA DE MUNDI A LA FÍSICA CLÁSICA A LA LUZ DE LOS ESCRITOS CIENTÍFICOS BRASILEÑOS

Ana Clara Souza Araújo\* , Mairton Cavalcante Romeu\*\* 

Araújo, A. C. S., Romeu, M. C. (2025). Contributos a Física Clássica do De Mundi Systemate à luz de escritos científicos brasileiros. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 20(2), pp. 83-98.

<https://doi.org/10.14483/23464712.22422>

### Resumo

A obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* ou *Principia*, é insigne por pesquisadores como os mais notáveis manuscritos de Ciências Naturais já escritos, por abordar em seu escopo conteúdos basilares da mecânica clássica e gravitação universal. Tal coletânea é composta por três volumes: I) *De Motu Corporum*; II) *De Motu Corporum* (continuação); e III) *De Mundi Systemate*. Nesse sentido, foi essa coletânea a precursora em explicar a influência dos corpos celestes, suas massas e introduzir conceitos como gravitação no meio científico. Tais conceitos, são utilizados ainda hoje para o desenvolvimento de pesquisas e são responsáveis por feitos. Posto isso, o objetivo deste escrito é compreender os contributos a Física Clássica da obra *Principia* (terceiro volume) na percepção adotada em artigos científicos brasileiros dos últimos vinte (20) anos. Para isso, utilizar-se-á como método, uma Revisão Sistemática de Literatura com análise dos dados qualitativa. Com os dados colhidos, é factível confirmar que apesar do *De Mundi Systemate* ser considerado uma das obras mais importante na história da Física, em artigos científicos brasileiros que são relevantes para o campo de estudo, as menções são superficiais ou inexistentes, suscitando questionamentos acerca de tal desconhecimento. Assim, para o desenvolvimento de futuras pesquisas, sugere-se expandir a análise para a obra *Principia* completa, de modo que se coloque em perspectiva desde o raciocínio puramente matemático até o raciocínio fundamentado na filosofia natural, o que implica compreender que ambos possuem valor, devem ser respeitados e foram bases para a Física da atualidade.

**Palavras chave:** Física; Isaac Newton; Movimento dos Corpos.

Recibido: 25 de junio de 2024; aprobado: 13 de mayo de 2025

\* Doutoranda em Ensino de Física, Mestra em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil, [profaclara.fisica@gmail.com](mailto:profaclara.fisica@gmail.com)

\*\* Doutor em Física e em Engenharia de Telecomunicações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil, [mairtoncavalcante@ifce.edu.br](mailto:mairtoncavalcante@ifce.edu.br)

## Abstract

The work *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, or *Principia*, is renowned by researchers as one of the most notable manuscripts in Natural Sciences ever written, as it addresses within its scope fundamental concepts of classical mechanics and universal gravitation. This collection comprises three volumes: I) *De Motu Corporum*; II) *De Motu Corporum* (continuation); and III) *De Mundi Systemate*. In this sense, this collection was the precursor in explaining the influence of celestial bodies, their masses, and in introducing concepts such as gravitation into the scientific milieu. These concepts are still utilized today for the development of research and are responsible for significant achievements. Given this, the objective of this writing is to understand the contributions of the *Principia* (third volume) to Classical Physics in the perception adopted by Brazilian scientific articles of the last twenty (20) years. To this end, a Systematic Literature Review with qualitative data analysis will be employed as the method. With the collected data, it is feasible to confirm that despite *De Mundi Systemate* being considered one of the most important works in the history of Physics, mentions in relevant Brazilian scientific articles are superficial or non-existent, raising questions about such a lack of awareness. Thus, for the development of future research, it is suggested to expand the analysis to the complete *Principia*, so as to put into perspective both purely mathematical reasoning and reasoning grounded in natural philosophy, which implies understanding that both have value, should be respected, and were foundational for current Physics.

**Keywords:** Physics; Isaac Newton; Motion of Bodies.

## Resumen

La obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* o *Principia*, es insigne para los investigadores como uno de los manuscritos más notables de Ciencias Naturales jamás escritos, por abordar en su alcance contenidos basilares de la mecánica clásica y la gravitación universal. Tal colección se compone de tres volúmenes: I) *De Motu Corporum*; II) *De Motu Corporum* (continuación); y III) *De Mundi Systemate*. En este sentido, fue esta colección la precursora en explicar la influencia de los cuerpos celestes, sus masas e introducir conceptos como la gravitación en el medio científico. Tales conceptos se utilizan aún hoy para el desarrollo de investigaciones y son responsables de logros. Expuesto esto, el objetivo de este escrito es comprender las contribuciones a la Física Clásica de la obra *Principia* (tercer volumen) en la percepción adoptada en artículos científicos brasileños de los últimos veinte (20) años. Para ello, se utilizará como método una Revisión Sistemática de Literatura con análisis de datos cualitativos. Con los datos recogidos, es factible confirmar que a pesar de que *De Mundi Systemate* es considerada una de las obras más importantes en la historia de la Física, en artículos científicos brasileños que son relevantes para el campo de estudio, las menciones son superficiales o inexistentes, suscitando cuestionamientos acerca de tal desconocimiento. Así, para el desarrollo de futuras investigaciones, se sugiere expandir el análisis a la obra *Principia* completa, de modo que se ponga en perspectiva desde el razonamiento puramente matemático hasta el razonamiento fundamentado en la filosofía natural, lo que implica comprender que ambos poseen valor, deben ser respetados y fueron bases para la Física de la actualidad.

**Palabras clave:** Física; Isaac Newton; Movimiento de los Cuerpos.

## 1. Introdução

O campo de estudo da Física, conforme concebido por Neto, Oliveira & Siqueira (2019), compreende o estudo das leis que regem o universo no que tange à matéria e à energia, bem como seus constituintes e suas interações, e pode ser subdividido em três áreas importantes: Física Clássica ou Física Newtoniana (FN), que tem como foco as teorias clássicas da Mecânica, Termodinâmica e do Eletromagnetismo, fundamentada nas pesquisas e descobertas de cientistas como Kepler (1571–1630), Galileu (1564–1642), Newton (1643–1727), Carnot (1796–1832), Gauss (1777–1855), Faraday (1791–1867), Ampère (1775–1836) e Maxwell (1831–1879).

A segunda é a Física Moderna (FM), advinda das tentativas de explicar as assimetrias detectadas no final do século XIX entre o Eletromagnetismo e as teorias clássicas da Mecânica. Os pressupostos basilares da Física Moderna – Teoria Quântica da Radiação e da Matéria e as Teorias da Relatividade – surgem das pesquisas de Max Planck (1858–1947), Albert Einstein (1879–1955), De Broglie (1891–1987), Niels Bohr (1885–1962), Erwin Schrödinger (1887–1961) e Werner Heisenberg (1901–1976).

E a terceira, que se encontra em desenvolvimento na atualidade, conhecida como Física Contemporânea (FC), envolve em seu escopo a investigação de conteúdos relacionados às nanotecnologias, aos computadores quânticos, às partículas subatômicas, às ondas gravitacionais, etc. Nesse contexto, a Física Contemporânea, além de ser desenvolvida a partir de fundamentos da FN e da FM, é marcada pelo tempo em que a sociedade vive, de maneira contínua (Vazata, Lima, Ostermann & Holanda Cavalcanti 2020).

Para o desenvolvimento deste escrito, será considerada apenas a Física Clássica, uma vez que a obra *Principia* foi desenvolvida por Isaac Newton, um dos principais nomes fundamentalistas de

seu escopo. Assim, é importante discernir que tal obra se subdivide em três volumes: I) *De Motu Corporum* (sobre o movimento dos corpos); II) *De Motu Corporum* (continuação); e III) *De Mundi Systemate* (sobre o sistema do mundo), no qual o último será o foco de investigação deste trabalho.

Para Moura (2019), a obra *Principia* é compreendida como uma das mais importantes no campo das Ciências Naturais, por ser o ponto inicial na explicação de leis e axiomas. Ela foi publicada originalmente em 1687, e em seus dois primeiros volumes são apresentados conceitos relacionados, por exemplo, ao movimento dos corpos. Já o terceiro volume apresenta, de forma única, a Teoria da Gravitação Universal.

Posto isso, Newton foi um precursor em explicar a influência dos corpos celestes, suas massas e introduzir conceitos como a gravitação no meio científico. Tais conceitos são utilizados ainda hoje para o desenvolvimento de pesquisas e são responsáveis por feitos notáveis como, por exemplo, levar o homem à Lua (Zanottelo & Malaquias, 2022). Entretanto, ao se buscar a presença do volume *De Mundi Systemate* como referência em artigos científicos brasileiros que discutam acerca da Teoria da Gravitação Universal, percebe-se que são poucos os trabalhos que se preocupam em mencionar o terceiro volume da obra de Newton (Pessanha, 2018).

Assim, levantou-se a seguinte questão: De que forma os contributos do *De Mundi Systemate* são evidenciados em artigos científicos brasileiros? Para responder a tal questionamento, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), no recorte temporal de 2003 a 2023, de artigos científicos que abordam a Teoria da Gravitação Universal. Nesse cenário, o objetivo deste escrito é compreender os contributos à Física Clássica da obra *Principia* (terceiro volume) na percepção adotada em artigos científicos brasileiros de pesquisadores e cientistas dos últimos vinte (20) anos.

Um conjunto de autores como Bonfim & Nascimento (2020), Neto (2023) e Ferreira, Couto, Silva Filho, Paulucci & Monteiro (2021) tem realizado pesquisas que envolvem e explicitam a utilização do *De Mundi Systemate*, mas ainda são poucos os trabalhos que dão a devida importância ao manuscrito. Assim, este trabalho está dividido em quatro tópicos principais: o primeiro refere-se à fundamentação teórica, na qual se discute sobre o *De Mundi Systemate* e a mecânica clássica; o segundo ponto trata da metodologia, onde foi descrito de forma categórica e sistemática o percurso que se realizou; o terceiro ponto relaciona-se aos resultados e discussões dos trabalhos encontrados; e, por fim, algumas considerações finais.

2. Apresentação e escopo do De Mundi Systemate

Todos os volumes do *Principia* foram escritos na linguagem conhecida como geométrica, utilizando o método hipotético-dedutivo, que se fundamenta em definições, axiomas e teoremas. Dessa forma, chega-se às hipóteses por meio do processo de indução, o qual é sustentado por observações e tem como principal característica o raciocínio lógico (Mendonça, 2015).

O terceiro volume da obra *Principia*, conhecido como *De Mundi Systemate* ou *O Sistema do*

*Mundo*, é dividido em cinco pontos principais. O primeiro refere-se às regras de raciocínio em filosofia, e Isaac Newton buscou relacionar regras já estabelecidas como verdades com o pensamento da época. Como exemplo, cita-se a primeira regra descrita por Newton (1687, p. 185): “Não devemos admitir mais causas para as coisas naturais do que as que são verdadeiras e suficientes para explicar suas aparências.” Com essa regra, o cientista buscou explicar que os filósofos da época discorriam que a natureza não faz nada em vão, e mais é vão quando menos serve; assim, a natureza é simples e não se associa a causas supérfluas.

De acordo com Albuquerque & Paracampo (2010), as regras são generalizações que regulam ou regem fatos e/ou situações e são trabalhadas de tal forma que, por fim, padronizem comportamentos alinhados com o que preceituam. As regras “descartam a possibilidade de que determinado fato ou situação esteja sob o controle de consequências imediatas” (Albuquerque & Paracampo, 2010, p. 2). Desse modo, as regras para as Ciências da Natureza dizem respeito aos fenômenos, buscando compreendê-los e padronizá-los.

Assim, com o objetivo de elucidar o leitor no que concerne a essas regras, construiu-se a tabela 1, condensando-as:

Tabela 1. Das regras do livro O Sistema do Mundo

Descrição	Página	Objetivo
Não devemos admitir mais causas para as coisas naturais do que as que são verdadeiras e suficientes para explicar suas aparências	185	Objetividade em determinação na relação causa/efeito
Portanto, aos mesmos efeitos naturais temos de atribuir as mesmas causas, tanto quanto possível.	185	Universalização de efeitos
As qualidades dos corpos que não admitem intensificação nem diminuição de graus, e que pertencem a todos os corpos dentro do alcance de nossas experiências, devem ser consideradas como qualidades universais de todos os corpos de qualquer tipo.	186	Generalização de efeitos nos corpos
Na filosofia experimental devemos considerar as proposições inferidas pela indução geral a partir dos fenômenos como precisamente ou muito aproximadamente verdadeiras, apesar de quaisquer hipóteses contrárias que possam ser imaginadas, até o momento em que outros fenômenos ocorram pelos quais elas possam ou ser tornadas mais precisas, ou fiquem sujeitas a exceções.	187	Considerar verdade apenas o que de fato pôde ser comprovado/visualizado;

Fonte: Os autores.

O segundo capítulo do livro aborda os fenômenos relativos ao “funcionamento” do Universo e à Teoria da Gravitação Universal. Nesse cenário, é essencial apresentar um exemplo claro da descrição que Newton faz acerca da gravitação universal. Para isso, cita-se o fenômeno 1, no qual ele aborda “que os planetas que circundam Júpiter, por raios traçados ao centro de Júpiter, descrevem áreas proporcionais aos tempos de percurso, e que seus tempos periódicos, estando as estrelas fixas em repouso, estão com a potência de  $3/2$  de suas distâncias deste centro” (Newton, 1687, p. 189).

Posteriormente à apresentação do fenômeno, Newton traz explicações acerca dele, discutindo que, para a confirmação de sua veracidade, ocorreram observações astronômicas, o que só foi possível tendo em vista que as órbitas dos planetas não diferem visualmente de círculos concêntricos a Júpiter e seus movimentos são tidos como uniformes. Além disso, o cientista ainda complementa com dados matemáticos e contribuições de outros autores.

Os fenômenos, nas Ciências da Natureza, são acontecimentos passíveis de observação,

manifestação ou sinal. Assim, pode-se caracterizá-los como tudo o que está sujeito à ação dos sentidos humanos. Para Souza, Binder & Silveira (2023), os fenômenos naturais são aqueles que ocorrem sem intervenção humana e necessitam ser observados para que se possa compreendê-los. Como feito com as regras, construiu-se a tabela 2 para situar melhor o leitor sobre os fenômenos abordados por Newton.

Assim como as regras e os fenômenos, Newton também reserva um capítulo apenas para as proposições e/ou teoremas, que podem ser visualizados na tabela 3. Tais proposições/teoremas são assim concebidos por poderem ser constatados através de um processo lógico.

Como posto por Pasolini & Gumpert (2022), os teoremas são deduções lógicas que podem ser comprovadas por meio de deduções baseadas em postulados. Assim, Newton (1687) descreve trinta e três (33) teoremas referentes ao funcionamento dos corpos celestes. Tais teoremas foram sintetizados na tabela a seguir.

**Tabela 2.** Dos fenômenos do livro O Sistema do Mundo

Descrição	Página	Objetivo
Que os planetas que circuncidam Júpiter, por raios traçados ao centro de Júpiter, descrevem áreas proporcionais aos tempos de percurso, e que seus tempos periódicos, estando as estrelas fixas em repouso, estão com a $3/2^a$ potência de suas distâncias deste centro	189	Descrição da órbita de Júpiter
Que os planetas que circuncidam Saturno, por raios traçados ao centro de Saturno, descrevem áreas proporcionais aos tempos de percurso, e que seus tempos periódicos, estando as estrelas fixas em repouso, estão com a $3/2^a$ potência de suas distâncias deste centro.	191	Descrição da órbita de Saturno
Que os cinco planetas primários, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, giram em suas diversas órbitas ao redor do Sol.	192	Definição do movimento orbital dos planetas primários
Que estando as estrelas fixas em repouso, os tempos periódicos dos cinco planetas primários e (seja do sol ao redor da terra, ou) da terra ao redor do sol, são como a $3/2^a$ potência de suas distâncias médias ao sol.	192	Definição da órbita dos planetas tidos como primários em relação as estrelas
Então os planetas primários, por raios traçados à terra, descrevem áreas que não são em absoluto proporcionais aos tempos, mas as áreas que eles percorrem por raios traçados ao sol são proporcionais aos tempos de percurso.	193	Proporção entre o movimento dos planetas e o tempo
Que a lua, por um raio traçado ao centro da terra, descreve uma área proporcional ao tempo de percurso.	194	Movimento da lua em relação à terra

**Fonte:** Os autores.

Tabela 3. Das proposições/teoremas do livro O Sistema do Mundo

Descrição	Página
Que as forças com que os planetas que circuncidam Júpiter são continuamente desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas próprias órbitas tendem ao centro de Júpiter e são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias dos lugares destes planetas em relação a este centro.	195
Que as forças com que os planetas primários são continuamente desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas próprias órbitas tendem ao sol e são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias dos lugares destes planetas ao centro do sol.	195
Que a força com que a lua é mantida em sua órbita tende para a terra e é inversamente proporcional ao quadrado da distância de seu lugar ao centro da terra.	196
Que a lua gravita em direção a terra e que é desviada continuamente de um movimento retilíneo e mantida em sua órbita pela força da gravidade.	197
Que os planetas que circuncidam Júpiter gravitam em direção a Júpiter, os que circuncidam Saturno em direção a Saturno, os que circuncidam o sol em direção ao sol, sendo desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas órbitas pelas forças de suas gravidades.	199
Que todos os corpos gravitam em direção a todos os planetas e que os pesos dos corpos em direção a qualquer um dos planetas, a distâncias iguais do centro do planeta, são proporcionais às quantidades de matéria que eles contêm.	200
Que há um poder da gravidade pertencente a todos os corpos, proporcional às várias quantidades de matéria que eles contêm.	203
Se em duas esferas gravitando uma em direção a outra, a matéria é semelhante em todos os lugares circundantes e equidistantes dos centros, o peso de cada esfera em direção a outra será inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros.	204
Que a força da gravidade, considerada para baixo a partir da superfície dos planetas, decresce aproximadamente na proporção das distâncias ao centro dos planetas.	207
Que os movimentos dos planetas nos céus podem persistir por um tempo extremamente longo.	207
Que o centro de gravidade comum da terra, do sol e de todos os planetas, está imóvel.	209
Que o sol é agitado por um movimento contínuo, mas nunca se afasta muito do centro comum de gravidade de todos os planetas.	209
Os planetas movem-se em elipses que têm seu foco comum no centro do sol e, a partir de raios traçados até este centro, descrevem áreas proporcionais aos tempos de percurso.	210
Os afélios e os nós das órbitas dos planetas são fixos.	211
Achar os diâmetros principais das órbitas dos planetas.	212
Achar as excentricidades e afélios dos planetas.	212
Que os movimentos diurnos dos planetas são uniformes e que a libração da lua surge de seu movimento diurno.	212
Que os eixos dos planetas são menores do que os diâmetros traçados perpendicularmente aos eixos.	213
Achar a proporção do eixo de um planeta para os diâmetros perpendiculares a ele.	214
Achar e comparar entre si os pesos dos corpos em regiões diferentes de nossa terra.	218
Que os pontos equinociais retrocedem, e que o eixo da terra, por uma nutação em cada revolução anual, oscila duas vezes em direção a eclíptica, retornando as mesmas vezes para sua posição anterior.	222
Que todos os movimentos da lua e todas as desigualdades destes movimentos, seguem dos princípios que estabelecemos.	222
Derivar os movimentos desiguais dos satélites de Júpiter e Saturno a partir dos movimentos de nossa lua.	224
Que o fluxo e refluxo do mar surge das ações do sol e da lua.	224
Descobrir as forças com que o sol perturba os movimentos da lua.	229
Descobrir o aumento do horário da área que a lua descreve numa órbita circular, a partir de um raio traçado até a terra.	230
A partir do movimento horário da lua descobrir sua distância da terra.	233
Descobrir os diâmetros da órbita em que a lua se moveria sem excentricidade.	234
Descobrir a variação da lua.	236
Descobrir o movimento horário dos nós da lua numa órbita circular.	238
Descobrir o movimento horário dos nós da lua numa órbita elíptica.	242
Descobrir o movimento médio dos nós da lua.	246
Descobrir o movimento verdadeiro dos nós da lua.	249

Fonte: Os autores.

O quarto ponto importante abordado no *Principia* refere-se ao “Movimento dos nós da Lua” e discorre sobre o movimento da Lua e as demais características, além de sua influência na Terra. Ao longo da leitura de *De Mundi Systemate*, é possível compreender e visualizar afirmações já estabelecidas na Física; por exemplo, a partir das duas primeiras leis de Kepler (Lei das Órbitas e Lei das Áreas), Newton intuiu que o Sol deveria ser responsável por algum tipo de ação mais direta sobre os planetas.

Outro ponto importante é a introdução das órbitas elípticas dos planetas, que até então estavam ausentes. Nesse sentido, Newton (1687) postulou que a força gravitacional entre quaisquer duas massas (e não apenas entre os planetas e o Sol) é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre elas. Além disso, Newton incluiu neste postulado a interação entre a Terra e qualquer corpo próximo à sua superfície. Por fim, Newton também postulou que a gravidade ocorre em todos os corpos e é proporcional à quantidade de matéria (ou massa) existente em cada um.

Um ponto que merece destaque nessa discussão é relativo à Gravitação Universal, na qual Newton (1687, p. 785) discute que “Até aqui expliquei fenômenos dos céus e do nosso mar através da força da gravidade, todavia não atribui uma causa à gravidade. Em todo caso, essa força surge de alguma causa que penetra até o centro do Sol e dos planetas, sem diminuição de força, e que age (...) segundo a quantidade de matéria sólida, e cuja ação se estende por todos os lados a imensas distâncias, decrescendo sempre na razão duplicada das distâncias (...)” (Newton, 1687, p. 785).

Ao que parece, tal obstáculo para Newton é relativo ao método utilizado para justificar a atribuição de uma “causa” à gravidade. Nesse contexto, do ponto de vista epistemológico, é certo afirmar que Newton manteve uma posição crítica e diferente do pensamento da época. Newton apresenta o

escólio geral, onde ele faz breves apontamentos acerca de seu trabalho, principalmente no que concerne às dificuldades encontradas ao longo de suas deduções e explicações. Além disso, Newton faz uma breve conexão entre suas deduções e o divino, apontando a existência e a supremacia de Deus.

### 3. Mecânica clássica: o início, desafios, possibilidades e aplicações

Conforme discutido por Engelhardt & Lopes (2020), a mecânica em geral refere-se à área da Física que se propõe a compreender e descrever os princípios básicos responsáveis pelos movimentos dos corpos no espaço enquanto ocorre o fluxo temporal. Nesse sentido, sua existência gira em torno do tempo, espaço e objeto, de modo que seus problemas e soluções mais proeminentes referem-se a um ou a todos os três conceitos.

Destarte, Antunes, Galhardi & Hernaski (2018) abordam que a Mecânica Clássica se limita a baixas velocidades, se comparada à velocidade da luz, e a grandes distâncias, se comparada com distâncias trabalhadas pela Mecânica Quântica. Assim, conforme afirmam, Antunes, Galhardi & Hernaski (2018, p. 2) “a concepção da mecânica Newtoniana se deu de forma completamente independente de suas generalizações e constitui, portanto, uma estrutura auto consistente segundo suas premissas e hipóteses.” Nesse sentido, é importante ressaltar que a mecânica clássica não é consistente com todas as velocidades e distâncias, mas é uma teoria de grande sucesso fenomenológico.

Conforme concebido por Ballesterio, Arruda & Passo (2018), como geralmente ocorre no processo de construção de uma teoria científica, o desenvolvimento da Mecânica Clássica traçou um caminho altamente enevoado. Isso porque buscou extrair princípios gerais de fenômenos facilmente acessíveis; diversos conceitos informais do



cotidiano foram sendo incorporados à descrição científica, muitas vezes sem a devida precisão. A sistemática do método científico moderno, desenvolvido por Galileu, constituiu um avanço importante na formulação da mecânica. Seguindo seus preceitos, Newton foi capaz de enunciar suas três leis do movimento de maneira muito próxima da forma que conhecemos atualmente (Carvalho, 2015).

De acordo com Brennan (1998, p. 36), à mecânica newtoniana tornou-se o alicerce da estrutura sobre a qual se erguem todas as camadas das ciências físicas e da tecnologia. A física newtoniana foi, acima de tudo, um triunfo do reducionismo – o ato de tornar um fenômeno complexo, neste caso, o cosmo, e explicá-lo mediante a análise dos mecanismos físicos mais simples e mais básicos que estão em operação durante o fenômeno [...].

Nesse sentido, apesar das limitações da mecânica clássica no que concerne às velocidades e distâncias, ela não se trata apenas de mais um campo do conhecimento, mas, antes de tudo, é a base para outros campos, como a Mecânica Quântica e a Tecnologia. Na atualidade, mesmo com avanços no campo da Física Contemporânea, utiliza-se a Mecânica Clássica para diversas finalidades, por exemplo, o cálculo da velocidade e da altura que mantêm satélites em órbita, trajetórias de foguetes, perícia criminal, etc. (Peruzzo, 2012).

#### 4. Metodología

O método científico, compreende os instrumentos utilizados no desenvolvimento de uma pesquisa científica, bem como as etapas e os trajetos estabelecidos para se alcançarem os resultados pretendidos. Desse modo, com o intuito de explicitar os passos dados para a realização deste escrito, a metodologia está dividida em dois pontos principais: os elementos técnicos e científicos da pesquisa e os procedimentos e as técnicas (Araújo & Correia, 2023).

De acordo com Araújo & Correia (2023), a pesquisa científica é uma atividade humana fundamental, que objetiva a produção de conhecimentos e que contribui para o desenvolvimento da sociedade por meio de métodos sistemáticos e organizados. Nesse cenário, esta é uma pesquisa de natureza básica, tendo em vista que se buscou compreender como e qual a importância do *De Mundi Systemate* para escritos científicos. A pesquisa básica “preocupa-se em gerar conhecimento que seja útil para a ciência e a tecnologia” (Araújo & Correia, 2023, p. 3).

Com relação à análise dos dados, este escrito possui cunho qualitativo, pois, para Neves (1996, p. 1), a pesquisa qualitativa costuma ser direcionada ao longo de seu desenvolvimento; além disso, não busca enumerar ou medir eventos e, geralmente, não emprega instrumental estatístico para a análise dos dados; seu foco de interesse é amplo e parte de uma perspectiva diferenciada da adotada pelos métodos quantitativos. Dela faz parte a obtenção de dados descritivos mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo (Neves, 1996, p. 1).

Destarte, as pesquisas qualitativas são vantajosas devido, entre outros aspectos, à aproximação entre o pesquisador, o contexto de estudo e o objeto a ser estudado; além de colocar o pesquisador como parte integrante da pesquisa, uma vez que, além dos dados apresentados e interpretados, a pesquisa qualitativa exige um posicionamento próprio do pesquisador (Araújo, Silva, Romeu & Pereira, 2023).

O procedimento técnico adotado foi de cunho bibliográfico, pois as fontes da pesquisa remetem a contribuições de diferentes autores que discorrem sobre o tema, atentando para as fontes secundárias, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

Uma Revisão Sistemática da Literatura, para Costa, Bortoloci, Broietti, Vieira & Tereiro-Vieira (2021),



Schmitz & Tomio (2019) e Kitchenham (2004), trata-se de um método de pesquisa que, através de cinco etapas consecutivas e sistemáticas, reúne informações relevantes sobre um determinado assunto. Assim, para que uma pesquisa alcance resultados completos, verídicos e rigorosos, é *sine qua non* que o pesquisador em questão obedeça à ordem proposta pelo método. Diferentemente de outros tipos de Revisão, como a Narrativa e a Integrativa, a Revisão Sistemática, através de um protocolo minucioso, visa aprofundar informações referentes a um assunto específico de forma categórica e precisa.

A primeira etapa de uma RSL refere-se à definição da pergunta de Revisão, que se trata de um questionamento ao qual o autor procura responder ao final da pesquisa. Essa pergunta de revisão serve para nortear a pesquisa, de modo que atenda ao objetivo proposto desde o início do trabalho. Desse modo, a pergunta de revisão deste trabalho é: quais são os contributos que a obra *De Mundi Systemate* trouxe para a Física Clássica na percepção adotada em artigos científicos brasileiros de pesquisadores e cientistas dos últimos vinte (20) anos?

Com a pergunta de revisão estabelecida, designaram-se as bases de dados a serem exploradas, a saber: Google Acadêmico, Repositório da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e *Scientific Electronic Library Online* – SciELO. Após a escolha das bases de dados, criaram-se os termos-chave que seriam incluídos no campo de busca: *De Mundi Systemate* + Física clássica; contributos + *De Mundi Systemate*; e Física clássica + Isaac Newton. Os operadores booleanos utilizados para conectar os termos foram “AND” e “OR”.

O primeiro passo para compreender a pergunta de revisão pretendida consistiu na elaboração de critérios de inclusão e exclusão, exatamente a segunda etapa de uma RSL. Tais critérios são importantíssimos, segundo Kitchenham (2004), pois

é através deles que ocorre a primeira escolha dos materiais que comporão o *corpus* de resultados da pesquisa. Nesse contexto, os critérios de inclusão e exclusão construídos para dar legitimidade a este escrito encontram-se na tabela 4:

**Tabela 4.** Critérios de inclusão e exclusão

Nº	Tipo	Critério
1	Inclusão	Artigos que abordem o De Mundi Systemate em seu escopo
2	Inclusão	Artigos que relacionem a Física Clássica ao De Mundi Systemate
3	Inclusão	Artigos publicados em periódicos qualis A4, A3, A2 e A1
4	Inclusão	Artigos publicados nos últimos vinte anos (2003-2023)
5	Exclusão	Artigos duplicados nas bases de dados
6	Exclusão	Artigos que foquem nos dois primeiros volumes da obra Principia

**Fonte:** Os autores.

Os critérios de inclusão e exclusão serviram como um primeiro filtro para a escolha dos artigos. O segundo filtro e, por conseguinte, terceira etapa de uma RSL, consiste na avaliação crítica dos estudos, que, para Júnior et al. (2021) e Ximens, Junior, Galvão & Sales (2022), ocorre através de uma nova categoria de critérios, concebidos como critérios de qualidade dos estudos. Assim, construíram-se no quadro 5 estes critérios de qualidade:

**Tabela 5.** Critérios de qualidade dos estudos

Nº	Critério
1	O artigo apresenta explicitamente a relação entre o De Mundi Systemate e a Física Clássica?
2	O artigo aborda os principais contributos do De Mundi Systemate?
3	A linguagem do trabalho é clara e formal?
4	O nível de evidências apresentado no artigo é satisfatório?
5	O artigo apresenta alguma experiência do ponto de vista prático, utilizando como base o De Mundi Systemate?

**Fonte:** Os autores.

Após a análise dos trabalhos por meio dos critérios de qualidade dos estudos, a próxima etapa da RSL, que concerne à síntese dos resultados, deu-se da seguinte forma: os trabalhos que atenderam ao escopo da pesquisa foram tabulados em um quadro (quadro 6), onde se explicitou o objetivo e a metodologia.

Por fim, a última etapa, que discorre sobre a apresentação dos resultados, foi realizada por meio da Análise de Conteúdo de Bardin, a qual se trata de um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos, a descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (Bardin, 2011, p. 47).

A Análise de Conteúdo de Bardin (Bardin, 2011) apresenta três etapas específicas: I) Pré-análise, que condiz com a segunda etapa da RSL; II) Exploração do material, realizada por meio da terceira etapa da RSL; e III) Tratamento dos resultados, no qual foi feita toda a discussão dos resultados, fundamentada em autores da área.

## 5. Resultados e discussão

Para a base de dados Google Acadêmico, encontrou-se um total de 211 artigos que possuem alguma relação com o tema. Desses artigos, 200 deles atendem ao critério de inclusão 1, que procura saber se o trabalho aborda o *De Mundi Systemate* em seu escopo; 159 artigos atendem aos critérios 1 e 2 (artigos que relacionam a Física Clássica ao *De Mundi Systemate*); 128 atendem aos critérios 1, 2 e 3 (artigos publicados em periódicos qualis A4, A3, A2 e A1); 107 artigos atendem aos critérios 1, 2, 3 e 4 (artigos publicados nos últimos vinte anos (2003-2023)). Dos 107 artigos, 42 atendem ao critério de exclusão 5, que aponta artigos duplicados nas bases de dados; e 47 artigos estão no escopo do

critério de exclusão 6 (artigos que focam nos dois primeiros volumes da obra *Principia*). Assim, para a base de dados Google Acadêmico, encontrou-se um total de 18 artigos.

Na base de dados SciELO, obteve-se um quantitativo de 12 artigos referentes ao tema, no qual 10 atendem aos critérios de inclusão 1 e 2; 7 atendem aos critérios 1, 2 e 3; apenas 6 atendem aos critérios de inclusão 1, 2, 3 e 4; um desses artigos atende ao critério de exclusão 5; e os 5 artigos restantes atendem ao critério de exclusão 6, não restando nenhum artigo para análise posterior.

Por fim, na base de dados CAPES, encontrou-se apenas 7 artigos referentes ao tema. Os 7 trabalhos atendem ao critério inclusivo 1; 5 artigos atendem aos critérios 1, 2 e 3; 4 escritos atendem aos critérios 1, 2, 3 e 4; 3 artigos atendem ao critério de exclusão 5; e, por fim, o trabalho restante atende ao critério 6, com um total de 0 artigos para a análise. Desse modo, apenas 18 artigos fizeram parte do corpo de dados deste escrito e podem ser visualizados na tabela 6.

Todos os artigos apresentados no quadro 6 possuem uma relação substancial com o escopo proposto neste escrito. Com o intuito de melhorar a análise, com base nos critérios de qualidade dos estudos, fez-se a seguinte correlação.

O primeiro critério de qualidade dos estudos, busca saber se os artigos apresentam explicitamente a relação entre a obra *De Mundi Systemate* e a Física Clássica. Após leitura criteriosa, apenas os artigos 1, 6, 8 e 14 atendem esse critério, tendo em vista que de forma clara, apresentam uma relação intrínseca com o escopo da obra.

É importante ressaltar os impactos que o *De Mundi Systemate* trouxe para a Física Clássica, Newton possui um duplo mérito. Em primeiro lugar ampliou consideravelmente o campo da física mecânica mediante seu descobrimento da gravitação universal. Além disso, estabeleceu na

**Tabela 6.** Trabalhos encontrados

Nº	Título	Metodologia
1	A" Edição Jesuíta" do Principia de Isaac Newton: um trabalho de releitura	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
2	O Enigma de Saturno: as limitações da perspectiva ótica galileana	Natureza básica, qualitativo e Exploratório
3	A primazia das relações sobre as essências: as forças como entidades matemáticas nos Principia de Newton	Natureza aplicada, quantitativo e Descritivo
4	Para a História do ensino da Filosofia em Portugal: O "Elenchus Quaestionum" de 1754	Natureza básica, qualitativo e Exploratório
5	Conceitos de Força Manifestos nas Falas de Professores de Física	Básica, Qualitativa e Fenomenológica
6	O Sistema de Mundo de Newton e as geometrias não-euclidianas no século XIX: relações possíveis?	Básica, Qualitativa e Documental
7	As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica.	Básica, Qualitativa e Documental
8	Em Tibi Norma Poli: Lucrécio e Virgílio nos Principia Mathematica de Isaac Newton.	Básica, Qualitativa e Fenomenológica
9	Newton e Leibniz: uma proposta de abordagem histórica da origem do cálculo não superior.	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
10	Um estudo da corda vibrante de Brook Taylor (1685-1731): <i>de motu nervi tensi</i> (on or movimento de uma corda tensa)	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
11	O Papel do Espaço Absoluto e da Gravidade para o argumento do desígnio de Isaac Newton	Aplicada, Quantitativo, descritivo e Bibliográfico
12	Leitores e debatedores: o acontecimento científico e a construção do método newtoniano na época da ilustração	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
13	Isaac Newton e a Óptica	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
14	Escólio Geral de Newton o não-mecanicismo do Principia	Aplicada, Quantitativo, descritivo e Bibliográfico
15	Considerações sobre as cores do arco-íris e o simbolismo do número sete nos trabalhos de Isaac Newton	Aplicada, Quantitativo, descritivo e Bibliográfico
16	Unidade de ensino potencialmente significativa: relações das leis de Newton e o período barroco.	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico
17	A história da ciência na temática "leis de Newton" em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias indicados pelo PNLD 2021.	Natureza básica, Qualitativo, Descritivo -exploratório e Bibliográfico
18	Einstein: sua vida, sua obra e seu mundo, de José M. Sánchez Ro	Natureza básica, Qualitativo, exploratório e Bibliográfico

**Fonte:** Os autores.

**Tabela 7.** Correlação entre os critérios de qualidade e os artigos

Critérios de qualidade dos estudos	Artigos
1	1, 6, 8 e 14
2	1, 6, 8, 14 e 16
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16 e 19
4	6, 8 e 16
5	3, 11, 14 e 15

**Fonte:** Os autores.

sua forma definitiva, os princípios da mecânica, tal como hoje se aceitam. Depois dele, não se expressou, em essência, nenhum princípio novo, e tudo o que se realizou em mecânica não é senão o desenvolvimento dedutivo, formal e matemático da mecânica sobre a base dos princípios newtonianos (Mach, 1949, p. 159).

Os outros artigos, apesar de abordarem conceitos presentes no volume III da obra *Principia*, não deixam evidentes as principais relações entre ele e a Física Clássica. Além disso, os autores destes colocam o *De Mundi Systemate* apenas como “mais uma obra” de referência, não lhe dando sua real importância.

O segundo critério de qualidade dos estudos busca entender se os artigos abordam os principais contributos do *De Mundi Systemate* para a Física. Primeiro, é importante deixar claro que tais contributos são numerosos, mas cabe apresentar alguns. Por exemplo, ao chegar à conclusão de que os corpos se atraíam mutuamente e que muitos fenômenos que ocorrem no Sistema Solar decorrem diretamente da ação de uma força de atração, Newton (1687) elevou o pensamento da época e, mais tarde, essa seria a premissa para o desenvolvimento de novas teorias. De acordo com o cientista, a atração gravitacional “diminui em proporção direta com o quadrado da distância entre dois corpos, e sua quantidade entre dois corpos quaisquer é diretamente proporcional ao produto de suas massas” (Newton, 1687, p. 635).

Além disso, ao escrever *De Mundi Systemate*, Newton reformula seu padrão argumentativo com o intuito de atender aos objetivos do terceiro volume; isso implica que, diferente dos volumes I e II, a linguagem puramente matemática é deixada em segundo plano, dando-se ênfase ao plano da filosofia natural. Nesse sentido, a obra *De Mundi Systemate* fez um redirecionamento no que concerne aos níveis de conhecimentos físicos

e matemáticos, quanto ao nível da concepção metafísica dos eventos que ocorrem na natureza.

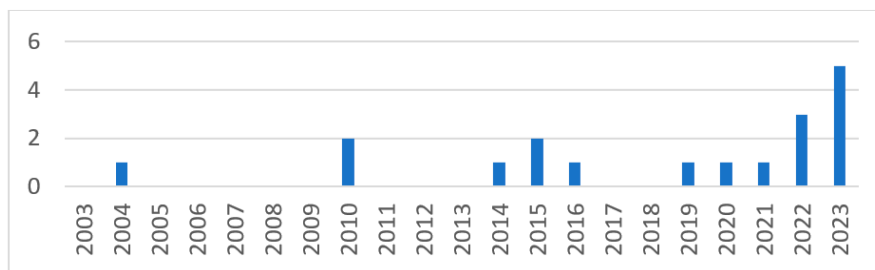
Entre tantos contributos, apenas cinco (5) dos dezoito (18) escritos (a saber: 1, 6, 8, 14 e 16) atenderam a esse critério. Os outros treze (13) não apresentam tais contributos, apesar de mencionarem a obra ao longo de seus textos e referências. Isso levanta alguns questionamentos, como: compreendendo que o volume III do *Principia* é tão importante, por que as obras não lhe dão a devida importância? Será que a falta dos contributos do *De Mundi Systemate* em artigos científicos se dá pelo desconhecimento da obra por parte dos pesquisadores? Qual o impacto do desconhecimento da obra em produções intelectuais atuais?

O terceiro critério de qualidade dos escritos está relacionado à linguagem clara e formal. Levando em conta que os escritos foram publicados em revistas com qualis elevados (A4, A3, A2 e A1), onze (11) dos dezoito (18) trabalhos, a saber: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16 e 19, apresentam linguagem apropriada.

Para Alves & Souza (2014, p. 197), “tendo em vista que é pela linguagem que os sujeitos expressam seus pensamentos, intenções, sonhos, desejos e pretensões, suas críticas e julgamentos, há que se reconhecer o importante papel assumido em todos os campos do saber e da vida, partindo da própria compreensão aristotélica do homem como ser político e cívico, uma vez que é dotado de linguagem” (Alves & Souza, 2014, p. 197).

Assim, a linguagem clara é essencial para os entendimentos mútuos de quem está dentro e fora do mundo acadêmico, contribuindo para uma assimilação mais fortalecida das informações.

O quarto critério de qualidade dos artigos foi com relação ao nível de evidências apresentado no trabalho, se este é satisfatório. Apenas os artigos 6, 8 e 16 apresentam evidências satisfatórias que

**Gráfico 1.** Distribuições de artigos que citam o *De Mundi Systemate* no Brasil

Fonte: Os autores.

remetem ao *De Mundi Systemate*. A proposta de *De Mundi Systemate* é explicar os fenômenos celestes com o auxílio dos princípios matemáticos dos dois primeiros volumes da obra *Principia*. Nesse contexto, as contribuições do volume III referem-se ao sistema planetário, bem como ao movimento da Lua, à forma terrestre, às marés e aos cometas, baseados no princípio da Gravitação Universal. Assim, ao considerar a interação mútua entre dois corpos, Newton fez avanços revolucionários com relação ao “problema dos dois corpos”, no qual seus contemporâneos ainda não haviam avançado.

Por fim, o último critério de qualidade, que busca compreender se os artigos apresentam alguma experiência do ponto de vista prático utilizando como base o *De Mundi Systemate*, aponta que apenas os escritos 3, 11, 14 e 15 mostram alguma experiência; todos os outros são puramente teóricos, de natureza básica, não intencionando nenhuma aplicação prática. Para se visualizar mais claramente as menções e a “importância” dada ao citar o *De Mundi Systemate* pelos artigos científicos publicados em revistas de Qualis A4, A3, A2 e A1, construiu-se o seguinte gráfico:

No gráfico acima, incorporando os últimos vinte (20) anos, é possível perceber o baixo número de publicações relevantes que abordam em seu escopo o Volume III da obra *Principia*. Isso revela algumas fragilidades, como: se *De Mundi Systemate* é o início e a junção das principais ideias relacionadas à Física Clássica, por que não é frequentemente

mentionado como uma fonte primária? O que ocasionou o esquecimento de um trabalho tão importante por parte dos pesquisadores? De que forma se pode evidenciar a importância de *De Mundi Systemate* para pesquisadores e cientistas?

## 6. Considerações finais

Com a análise realizada, é possível perceber que muitos pesquisadores ainda desconhecem a importância da obra *Principia*, em especial o volume III, *De Mundi Systemate*. Isso sugere que, apesar de a Física Clássica ser ensinada em cursos de nível superior de Física, ainda é preciso um aprofundamento maior na história da própria Física, que de fato contemple uma linha de raciocínio desde o “início” (do que a civilização datou).

É importante que os pesquisadores da atualidade consigam enxergar o início de tudo, como surgiu a Gravitação Universal, as adaptações ao longo dos anos e o que de fato é hoje, sua importância, paradigmas e aplicações. Com a Revisão Sistemática da Literatura aqui realizada, ficou evidente que ainda há muito a se ensinar sobre as principais obras das Ciências Naturais.

Neste escrito, pôs-se como foco o volume III do *Principia*, mas sugere-se que, para trabalhos futuros, abranja-se também os dois primeiros volumes, de modo que se coloque em perspectiva tanto o raciocínio puramente matemático quanto

o raciocínio fundamentado na filosofia natural, o que implica compreender que ambos possuem valor, devem ser respeitados e foram bases para a Física da atualidade.

Ademais, este trabalho é importante, primeiro porque, através de um método sistemático e rigoroso de pesquisa, apresenta o panorama acerca de pesquisas dos últimos vinte anos envolvendo os contributos do *De Mundi Systemate* para a Física Clássica; em segundo lugar, esta pesquisa explicitou fragilidades no que concerne à presença do volume III da obra *Principia* em artigos científicos, uma vez que, através da análise realizada, percebeu-se pouca compreensão dos autores/pesquisadores sobre a importância da obra. Por fim, este escrito se faz importante por apresentar uma obra pouco mencionada e trabalhada, independentemente do foco de pesquisas; por suscitar indagações acerca do desconhecimento da mesma; além disso, poderá servir de base para futuros trabalhos na área.

## 7. Referências

- Abdounur, O. J., & de Campos, G. A. (2023). Um estudo da corda vibrante por Brook Taylor (1685-1731): de motu Nervi tensi (sobre o movimento de uma corda tensa). *Revista Brasileira de História da Matemática*, 23(46), 179-193.
- Antunes, C. A., Galhardi, V. B., & Hernaski, C. A. (2018). As leis de Newton e a estrutura Espaço-temporal da Mecânica Clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40, e3311.
- Araújo, A. C. S., Silva, F. H. B., Romeu, M. C., & Pereira, A. C. C. (2023). Ensino de Cosmologia frente à abordagem curricular pedagógica encontrada em artigos científicos. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), e23035-e23035.
- Albuquerque, L. C. D., & Paracampo, C. C. P. (2010). Análise do controle por regras. *Psicologia Usp*, 21, 253-273.
- Amarilla Filho, P. (2019). Escólio Geral de Newton-o não-mecanicismo do Principia. *Princípios: Revista de Filosofia (UFRN)*, 26(51), 301-323.
- Andrade, A. A. (1966). Para a História do ensino da Filosofia em Portugal: O "Elenchus Quaestionum" de 1754. *Revista Portuguesa de Filosofia*, 258-286.
- Ballestero, H. E., Mello Arruda, S., & Passos, M. M. (2018). A aprendizagem da linguagem física em um curso de introdução à Mecânica Clássica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(1), 2-19.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Barra, E. S. D. O. (2010). A primazia das relações sobre as essências: as forças como entidades matemáticas nos Principia de Newton. *Scientiae Studia*, 8, 547-569.
- Bonfim, D. D. S., & Nascimento, W. J. (2020). O ensino de gravitação universal na educação básica: uma reflexão a partir de pesquisas brasileiras. *Research, Society and Development*, 9(11), e4789119969-e4789119969.
- Brennan, R. P., Borges, M. L. X. D. A., Motta Filho, H. D., & Barros, H. L. D. (1998). Gigantes da física. *Ed Revista Rio de Janeiro: J. Zahar*.
- Carvalho, G. J. D. (2015). O esquema de movimento como organizador da ação em mecânica clássica e relativística. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(3), 205-235.
- Costa, S. L. R., Bortoloci, N. B., Broietti, F. C. D., Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2021). Pensamento crítico no ensino de ciências e educação matemática: Uma revisão bibliográfica sistemática. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 145-168.
- Engelhardt, J. L. M., & Lopes, A. C. G. G. (2020). Desenvolvimento de experimentos para o ensino de mecânica clássica. *Cadernos de Extensão do Instituto Federal Fluminense*, 4(1), 263-271.
- Ferreira, M., do Couto, R. V. L., Silva Filho, O. L., Paulucci, L., & Monteiro, F. F. (2021). Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43.
- Gomes, E. da R. (2022). O Papel do Espaço Absoluto e da Gravidade para o argumento do desígnio de Isaac Newton. *Kalagatos*, 19(2), eK22020-eK22020.

- Giraldo, D., & Sebastian, J. (2021). El papel de las hipótesis en la filosofía natural de Isaac Newton (The Role of Hypotheses in the Natural Philosophy of Isaac Newton). *Ingenium. Revista Electrónica de Pensamiento Moderno y Metodología en Historia de las Ideas*, 15, 65-74.
- Júnior, A. D. L. C., Monteiro, J. A., Costa, D. F., & Sales, G. L. O ensino de Física integrado a plataforma ARDUINO, uma revisão sistemática de literatura. *Educere et Educare*, 175-197.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews*. Tech. Report TR/SE-0401 Keele, UK, Keele University, v. 33, p. 1-26.
- Martins, M. R., Neves, M. C. D., & Gardelli, D. (2021). Conceitos de Força Manifestos nas Falas de Professores de Física. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, e21023.
- Martins, R. D. A., & Silva, C. C. (2015). As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37, 4202-1.
- Maiolini, L. F. (2023). Leitores e debatedores: o acontecimento científico e a construção do método newtoniano na época da ilustração. *Revista de História da UEG*, 12(2), e222316-e222316.
- Mach, E. (1949). *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Espasa-Calpe.
- Moraes, E. L., Barroso, F. F., & Rosa, L. P. (2020). Newton e Leibniz: uma proposta de abordagem histórica sobre a origem do cálculo no ensino superior. *Revista Scientiarum Historia*, 2, 10-10.
- Morais, D. D. O. M. (2016). *A importância da comunicação verbal nas organizações: diagnóstico de competências numa organização pública*. Curitiba, CRV.
- Moura, B. A., & Dry, S. (2019). O Newton que não conhecíamos. *Prometeica*, n.19, p. 101-103.
- Mendonça, D. A. (2015). *Os Principia de Newton: uma leitura de seus conceitos e princípios fundamentais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.
- Newton, I. (2016). *Principia*. São Paulo: Edusp.
- Newton, I. (1687). *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*. Madri: Alianza.
- Neves, M. C. D., & da Silva, J. A. P. (2014). O Enigma de Saturno: as limitações da perspectiva ótica galileana<sup>1</sup>. *Revista de Ensino de Ciências e Engenharia*, 5(1), 12-23.
- Neves, J. L. (1996). Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de pesquisas em administração, São Paulo*, 1(3), 1-5.
- Neto, J. G. P., de Oliveira, A. N., & Siqueira, M. C. A. (2019). Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos. *ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*, 65-89.
- Neto, J. A. M. L., de Souza, M. L., Gonçalves, M. A. C., & Gonçalves, M. R. P. (2023). Uma sequência didática para o ensino de tópicos sobre Gravitação Universal. *Editora Licuri*, 130-138.
- Paula, J. C. M. D. (2023). A história da ciência na temática “leis de Newton” em livros didáticos de ciências da natureza e suas tecnologias indicados pelo PNLD 2021. *Experiências em Ensino de Ciências*, 18(1), 351-375.
- Pasolini, P. P., & Gumpert, C. (2022). *Teorema*. Madri, Edições Altamarea.
- Pérez, P. T. (2010). Em Tibi Norma Poli: Lucrécio e Virgílio nos Principia Mathematica de Isaac Newton. Em *Dvlces camenae: poética e poesia latina* (pp. 1093-1100). Serviço de Publicações.
- Peruzzo, J. (2012). *Fronteiras Da Física*. Clube de Autores (managed).
- Pessanha, M. (2018). Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(2).
- Ribeiro, V. L., & Sonoda, R. T. (2022). Isaac Newton e a Óptica. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, 3(9), e391870-e391870.
- Rocha, G. R. (2015). A “Edição Jesuíta” doS Principia de Isaac Newton: um trabalho de releitura. *Oficina do Historiador*, 8(2), 194-200.
- Seraphim, J. da S., & Cafezeiro, I. L. (2022). Considerações sobre as cores do arco-íris e o simbolismo do número sete nos trabalhos de Isaac Newton. *Revista Scientiarum Historia*, 1, e357-e357.



- Souza, A. P. G., Binder, I. M. C., & Silveira, R. F. (2023). O conceito de entropia e sua relação com o processo econômico: implicações ao Ensino de Física. *Revista Educar Mais*, 7, 95-107.
- Santos, A. V., de Fatima Franzin, R., Scheid, N. M. J., Stracke, M. P., & dos Santos, A. (2023). Unidade de ensino potencialmente significativa: relações das leis de newton e o período barroco. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 6(1).
- Schmitz, V., & Tomio, D. (2019). O clube de ciências como prática educativa na escola: uma revisão sistemática acerca de sua identidade educadora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 305-324.
- Sintas, F. F. (2016). *Einstein: sua vida, sua obra e seu mundo*, de José M. Sánchez Ron. Espanha, Editorial Critica.
- Silva, A. P. B. D., & Gomes, M. G. F. S. A. (2023). O Sistema de Mundo de Newton e as geometrias não-euclidianas no século XIX: relações possíveis? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 45, e20220289.
- Vazata, P. A. V., Lima, N. W., Ostermann, F., & de Holanda Cavalcanti, C. J. (2020). Onda ou partícula? Um estudo das trajetórias ontológicas da radiação eletromagnética em livros didáticos de física da educação básica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 855-885.
- Ximens, D. M., Junior, A. D. L. C., Galvão, W. N. M., & Sales, G. L. (2022). Divulgação científica no ensino de física do programa de pós-graduação em ensino de ciências e matemática (pgecm) do IFCE: uma revisão sistemática de literatura. *Educere et Educare*, 17(44), 1-18.
- Zanotello, M., & Malaquias, I. (2022). Análise de uma abordagem histórica e conceitual para a gravitação universal: sentidos produzidos por estudantes em um curso de licenciatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20220126.

