

## RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, Ronivan Sousa da Silva Suttini, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 25/07/2026.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

CAMPUS DE BAURU - SP

**RONIVAN SOUSA DA SILVA SUTTINI**

**INVESTIGANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA:  
ANÁLISE DE UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL EXPLÍCITA SOBRE  
O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO SUPERIOR**

**BAURU – SP**

**2025**

**RONIVAN SOUSA DA SILVA SUTTINI**

**INVESTIGANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA:  
ANÁLISE DE UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL EXPLÍCITA SOBRE  
O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO SUPERIOR**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências, Campus Bauru-SP, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Área de Concentração: Ensino de Ciências  
Orientador: Prof. Dr. João José Caluzi  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Nádia Cristina G. Errobidart

**BAURU – SP**

**2025**

S963i

Suttini, Ronivan Sousa da Silva

*Investigando natureza da ciência: análise de uma abordagem contextual explícita sobre o efeito fotoelétrico no ensino superior /*  
Ronivan Sousa da Silva Suttini – Bauru, SP, 2025

530 f. : il., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências, Bauru, 2025.

Referências bibliográficas: f.412–442.

Orientador: João José Caluzi.

Coorientadora: Nádia Cristina Guimarães Errobidart.

1. Ensino de Ciências. 2. História, Filosofia e Sociologia da  
Ciência. 3. Natureza da Ciência. 4. Teoria Quântica da Radiação. 5.  
Efeito Fotoelétrico.

**RONIVAN SOUSA DA SILVA SUTTINI**

**INVESTIGANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA:  
ANÁLISE DE UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL EXPLÍCITA SOBRE  
O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO SUPERIOR**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências, Campus Bauru-SP, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência.

Área de Concentração: Ensino de Ciências  
Orientador: Prof. Dr. João José Caluzi  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Nádia Cristina G. Errobidart

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. João José Caluzi  
Faculdade de Ciências – FC – UNESP – Campus de Bauru - SP  
Orientador

Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos  
Departamento de Ciências Naturais, Estatística e Matemática – UFERSA – Campus de Mossoró - RN

Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves  
Departamento de Física - UEM – Maringá – PR

Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho  
Departamento de Física – UNESP – Campus de Presidente Prudente – SP

Prof. Dr. José Bento Suart Júnior  
Coordenação do Curso de Licenciatura em Química - UTFPR – Campus de Apucarana - PR

**BAURU – SP**

**2025**

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE RONIVAN SOUSA DA SILVA SUTTINI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 24 de julho de 2025, às 14h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de RONIVAN SOUSA DA SILVA SUTTINI, intitulada **Investigando a Natureza da Ciência: análise de uma abordagem contextual explícita sobre o efeito fotoelétrico no ensino superior**, sob orientação do Prof. Dr. Joao Jose Caluzi. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Assoc. JOAO JOSE CALUZI (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências Unesp Bauru, Prof. Dr. CARLOS ALBERTO DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Naturais, Estatística e Matemática / Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Prof. Dr. MARCOS CESAR DANHONI NEVES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Universidade Estadual de Maringá - UEM, Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Unesp, Prof. Dr. JOSÉ BENTO SUART JÚNIOR (Participação Virtual) do(a) Coordenação do Curso de Licenciatura em Química-Apucarana / Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final **APROVADO**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Assoc. JOAO JOSE CALUZI

Dedico este trabalho aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais – Maria Aparecida de Souza Silva e Silvano José da Silva – e à minha irmã Silvana Sousa da Silva (e ao meu sobrinho Gabriel Souza Navarro) por todo estímulo, carinho e sacrifícios que me permitiram desenvolver meus estudos e chegar até aqui. Cada gesto de apoio, cada cobrança e cada conselho deixaram marcas profundas em minha trajetória.

Um agradecimento especial à minha esposa, Isabella Suttini Ferreira, por estar ao meu lado, diariamente, não apenas no período de doutorado, mas há muitos anos. Seu carinho, compreensão e força me motivam a ser uma pessoa melhor a cada dia. Obrigado por tudo, especialmente por me compreender, me apoiar e, claro, por me aturar nos momentos mais difíceis (rs).

Agradeço ao Prof. Rodenil Monteiro da Silva, meu professor de Física do Ensino Médio e, mais tarde, meu “supervisor de estágio”, companheiro de estrada e docência, por tantas orientações e auxílios que fizeram a diferença no meu percurso.

Agradeço a todos os amigos – da vida pessoal e profissional – que de diversas maneiras contribuíram para minha formação e carreira docente.

Sou grato ao *Laboratório de Estudo em História e Epistemologia da Física (LEHEF)*, formado por pessoas que admiro profundamente. Em especial, agradeço ao meu amigo de doutorado, pesquisador, companheiro de congressos, Eliéverson Gonzales. Nosso diálogo constante sobre pesquisas e dilemas da docência foi essencial para meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nádia Cristina Guimarães Errobidart, minha coorientadora, por toda ajuda e orientação nesses 10 anos de jornada, desde o mestrado até a defesa dessa tese de doutorado.

E, finalmente, faço um especial agradecimento ao Prof. Dr. João José Caluzi, meu orientador nesses quatro anos de pesquisa. Foi uma honra ser aluno, “auxiliar docente” e último orientando de doutorado. Obrigado por todo apoio, conversas e ensinamentos. Aproveita sua aposentadoria; sem dúvidas, é muito merecida!

*Passaram-se muitos anos,  
Mas, enfim, veio uma batida,  
E eu pensei na porta  
Sem fechadura para trancar.*

*Apaguei a luz,  
Andei na ponta dos pés pelo chão,  
E ergui ambas as mãos  
Em prece à porta.*

*Mas a batida veio novamente,  
Minha janela estava escancarada;  
Subi no parapeito  
E desci para fora.*

*De volta ao parapeito,  
Eu disse um “Entre”  
Para quem quer que fosse  
A batida na porta.*

*E assim, com uma batida,  
Esvaziei minha gaiola,  
Para me esconder no mundo  
E mudar com o tempo.*

Robert Frost, “A Porta sem Fechadura”, 1923.

## RESUMO

Esta pesquisa insere-se na conjuntura de desafios da educação científica contemporânea, os quais exigem o desenvolvimento não apenas de um saber *de* ou *em* ciências, mas também uma compreensão mais precisa e bem informada *sobre* a Natureza da Ciência, especialmente na formação de professores de Física. Parte-se da premissa que a escolha do tópico curricular “efeito fotoelétrico” possibilita uma investigação empírica sobre o uso de abordagens contextuais explícitas, que contemplem aspectos históricos, filosóficos e sociológicos da ciência. Essa escolha justifica-se, sobretudo, pelas modificações teóricas e controvérsias científicas ocorridas no início do século XX. Esses elementos favorecem o processo de ensino por sua capacidade de promover momentos de argumentação, discussão, reflexão e exemplificação da integração dinâmica entre dados experimentais e fundamentos teóricos. O objetivo geral do estudo é analisar as contribuições de uma abordagem contextual explícita sobre a história do efeito fotoelétrico, organizada para ser implementada na disciplina de História da Ciência, em um curso de graduação em Física, adotando como referencial de ensino a Teoria da Aprendizagem Significativa e, como referência teórico-metodológica, a visão consensual da Natureza da Ciência e seus respectivos princípios heurísticos representativos. A escassez de pesquisas historiográficas sobre as emissões fotoelétricas no contexto nacional, antes um obstáculo, foi superada por meio da elaboração de uma narrativa histórica abrangente, que representa a primeira contribuição deste trabalho para o fortalecimento da “Educação para a Ciência”. No que diz respeito à pesquisa empírica – referente à implementação da disciplina História da Ciência 2023-1 –, a coleta de dados envolveu questionários fechados sobre aspectos da Natureza da Ciência (com respostas itens tipo-Likert de cinco pontos), além de questões abertas sobre a organização didático-estrutural e execução dos planos aula. Também foram analisados os relatos semanais intitulados “Memórias & Discussões”, produzidos por 23 estudantes ao longo do semestre. Os resultados sugerem avanços na compreensão dos estudantes sobre a Natureza da Ciência, com indícios de aprendizagem significativa, especialmente quanto aos aspectos socioculturais e criativos. A análise qualitativa também destacou percepções satisfatórias sobre as estratégias didáticas, a estrutura da disciplina e os impactos formativos dos futuros docentes. Persistiram, contudo, concepções simplificadas e desafios práticos que requerem ajustes em futuras implementações.

**Palavras-chave:** Ensino de Ciências. História, Filosofia e Sociologia da Ciência. Natureza da Ciência. Teoria Quântica da Radiação. Efeito Fotoelétrico.

## ABSTRACT

This research is situated within the broader context of the challenges facing contemporary science education, which demand not only the development of knowledge *about* or *within* science but also a more accurate and well-informed understanding of the Nature of Science (NoS), particularly in the preparation of future physics teachers. The study proceeds from the premise that the curricular topic of the “photoelectric effect” provides an opportunity for empirical investigation into explicitly contextual approaches – those that incorporate the historical, philosophical, and sociological dimensions of science. This topic is well-suited due to the theoretical transformations and scientific controversies that emerged in the early twentieth century. These elements enhance the teaching and learning process by fostering opportunities for argumentation, discussion, reflection, and exemplification of the dynamic integration between experimental data and theoretical foundations. The general objective to analyze the contributions of an explicitly contextual historical approach to the history of the photoelectric effect, structured for implementation in a History of Science course within an undergraduate physics program. The study adopts Ausubel’s Theory of Meaningful Learning as its pedagogical framework and employs the consensus view of the Nature of Science and its representative heuristic principles as its theoretical-methodological reference. The lack of historiographical research on photoelectric emissions in the Brazilian context – previously a limitation – was addressed through the development of a comprehensive historical narrative. This narrative represents the first contribution of this study to the advancement of “Education for Science”. Regarding the empirical research related to the implementation of the History of Science 2023-1 academic term – data collection included closed-ended questionnaires on Nature of Science aspects (using five-point Likert-scale items), open-ended questions concerning the didactic-structural organization and the execution of lesson plans. Weekly reports titled Memories & Discussions, written by 23 students throughout the semester, were also analyzed. The results indicate advances in students’ understanding of the Nature of Science, with evidence of meaningful learning, particularly regarding the sociocultural and creative aspects of scientific practice. Qualitative analysis also highlighted favorable perceptions of the instructional strategies, course structure, and formative impact on prospective teachers. However, simplified conceptions and practical challenges remained, suggesting the need for refinements in future implementations.

**Keywords:** Science Education. History, Philosophy, and Sociology of Science. Nature of Science. Quantum Theory of Radiation. Photoelectric Effect.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico “Mapa de Árvore” da distribuição das citações por (sub)categoria. ....	41
Figura 2 - Mapa conceitual ilustrando as condições para ocorrência da aprendizagem significativa. ....	71
Figura 3 - Representação esquemática do processo de assimilação ausubeliana e de aprendizagem significativa. ....	72
Figura 4 - Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), fotografado por volta de 1890.....	86
Figura 5 - Representação esquemática original do aparato experimental usado por Hertz para investigar a ação elétrica recíproca entre as descargas elétricas simultâneas em 1887.....	90
Figura 6 - Representação esquemática original do aparato experimental usado por Hallwachs (1888a) para investigação do efeito da luz ultravioleta sobre uma placa de zinco eletrostaticamente carregada utilizando um eletroscópio de folha de ouro simples.....	97
Figura 7 - Representação esquemática original do aparato experimental usado por Hallwachs (1888b) para investigação do efeito da luz ultravioleta sobre uma placa de zinco eletrostaticamente neutra utilizando um eletrômetro sensível.....	97
Figura 8 - Julius Elster e Hans Geitel experimentando um fotômetro rudimentar no jardim da casa de Elster. ....	110
Figura 9 - Fotômetro de esfera de zinco e uma versão mais recente (1902). ....	112
Figura 10 - Fotografia oficial de Philipp Lenard por ocasião da entrega do Prêmio Nobel de Física de 1905. ....	116
Figura 11 - Aparato experimental construído por Philipp Lenard para investigar o efeito fotoelétrico.....	118
Figura 12 - Curva de corrente fotoelétrica ( $i$ ) em função da diferença de potencial ( $V$ ), obtida por Lenard (1902), para uma frequência da luz constante, demonstrando o comportamento para três materiais distintos: carvão (fuligem), platina e alumínio. ....	119
Figura 13 - Ilustração do modelo atômico de Lenard para estrutura da matéria. ....	128
Figura 14 - Philipp Lenard recebendo o doutorado honorário na Universidade de Heidelberg, em 1942. ....	138
Figura 15 - Albert Einstein (1879-1955) no Escritório de Patentes em Berna, Suíça. ....	145
Figura 16 - Incompatibilidade conceitual entre as teorias clássica e quântica em relação à natureza da luz. ....	146
Figura 17 - Oscilador eletromecânico em interação – comparação esquemática entre as propostas de Planck (1901) e Einstein (1905). ....	152

Figura 18 - Representação de um “dupletos elétrico” proposto por Thomson (1910).....	183
Figura 19 - Fotografia oficial de Robert Andrews Millikan para o Prêmio Nobel de 1923...	189
Figura 20 - Robert A. Millikan, Julius Pearson e Ira Bowen na Caltech Instrument Shop....	198
Figura 21 - Diagrama esquemático do arranjo experimental (“oficina mecânica no vácuo”). .....	199
Figura 22 - Gráfico ilustrando curvas fotocorrente-potencial para uma superfície metálica recém-laminada de sódio irradiada com seis diferentes comprimentos de onda.....	202
Figura 23 - Gráfico ilustrando duas curvas fotocorrente-potencial para uma superfície metálica de lítio.....	205
Figura 24 - Potencial de Corte [V] x Frequência [v] para uma superfície metálica de sódio recém-laminada. ....	208
Figura 25 - Arthur Holly Compton (1892 – 1962) analisa o “efeito Compton” em sala de aula. .....	222
Figura 26 - Diagrama vetorial de Compton para a interação do “quantum de luz” com o elétron. Um “quantum de raio-X” é desviado por um ângulo $\theta$ por um elétron (quase em repouso), que por sua vez se recua em um ângulo $\beta$ , levando uma parte da energia do fóton.....	225
Figura 27 - Espectro dos raios-X do molibdênio (Mo) após serem espalhados pelo grafite, em comparação ao espectro dos raios-X primários. Note o aumento no comprimento de onda, cujos valores obtidos experimentalmente são confrontados com os previstos teoricamente. ....	226
Figura 28 - Duas abordagens para ensinar a História da Ciência: diacrônica e sincrônica. ....	236
Figura 29 - Formato respostas itens tipo-Likert de cinco pontos. ....	263
Figura 30 - Valores da mediana (Md) e do “índice de referência especialista” (S) para os vinte e seis itens declarativos da Questão 12 no questionário VOSE-RCN, abordando diferentes aspectos sobre a Natureza da Ciência.....	277
Figura 31 - Valores da mediana e do “índice de referência especialista” para os questionários VOSE-RCN (Questão 10) e VOSE-EF (Questão 9) para o aspecto de Natureza da Ciência “Influências Histórico-Sociais na Pesquisa Científica”.....	283
Figura 32 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 1) e VOSE-EF (Questão 2) para o aspecto de NdC “Natureza do Conhecimento Científico (Teorias)”. ....	289
Figura 33 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 2) e VOSE-EF (Questão 3) para o aspecto de Natureza da Ciência “Natureza do Conhecimento Científico (Leis)” (contém 4-5 itens avaliativos). ....	293

Figura 34 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 9) e VOSE-EF (Questão 7) para o aspecto de NdC “Natureza das Observações Experimentais”. .....	299
Figura 35 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 3) e VOSE-EF (Questão 4) para o aspecto de NdC “Uso da Imaginação, Criatividade e Analogias” (contém 5-8 itens declarativos).....	306
Figura 36 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 8) e VOSE-EF (Questão 8a, 8b e 8c) para o aspecto de NdC “Metodologia Científica”. .....	312
Figura 37 - Valores de mediana e do “índice de referência especialista” obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 7) e VOSE-EF (Questão 6) para o aspecto de NdC “Processo de Validação do Conhecimento Científico”. .....	321
Figura 38 - Valores da mediana obtidos nos questionários VOSE-RCN (Questão 4) e VOSE-EF (Questão 5) para o aspecto de NdC “Sobre Leis e Teorias Científicas”.....	327
Figura 39 - Valores de mediana obtidos no questionário VOSE-EF (Questão 1) para o aspecto de NdC “Modelagem Científica”, assim como “índice de referência especialista”, e as respectivas classificações das concepções posteriores dos estudantes.....	333
Figura 40 - Distribuição percentual das respostas ao questionário de avaliação da disciplina de História da Ciência 2023-1.....	338

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - As sete imagens deformadas do trabalho científico de acordo com Cachapuz et al. (2005). .....	35
Quadro 2 - Identificação e descrição das três dimensões/categorias e das respectivas subcategorias elaboradas para sistematização das críticas à visão consensual sobre a NdC e aos NOS tenets.....	38
Quadro 3 - Sistematização das críticas à visão consensual da NdC e aos NOS <i>tenets</i> . .....	39
Quadro 4 - Documentos selecionados para fundamentar a pesquisa historiográfica. ....	83
Quadro 5 - Planejamento inicial e organização didática da disciplina de História da Ciência 2023-1.....	238
Quadro 6 - Estrutura organizacional do questionário VOSE-RCN.....	258
Quadro 7 - Estrutura organizacional do questionário VOSE-EF. ....	260
Quadro 8 - Itens declarativos e resultados empíricos obtidos para a Questão 12 no Questionário VOSE-RCN. ....	274
Quadro 9 - Itens declarativos a respeito das “influências histórico-sociais na pesquisa científica” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 10) e VOSE-EF (Questão 9). Resultados. Classificação das respostas dos estudantes.....	281
Quadro 10 - Itens declarativos a respeito da “Natureza do Conhecimento Científico (Teorias)” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 1) e VOSE-EF (Questão 2). Resultados. Classificação das respostas dos estudantes.....	288
Quadro 11 - Itens declarativos a respeito da “Natureza do Conhecimento Científico (Leis)” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 2) e VOSE-EF (Questão 3). Resultados. Classificação das respostas dos estudantes.....	292
Quadro 12 - Itens declarativos a respeito da “Natureza das Observações Experimentais” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 9) e VOSE-EF (Questão 7). ....	298
Quadro 13 - Itens declarativos a respeito da “Imaginação, Criatividade e Analogias” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 3) e VOSE-EF (Questão 4).....	305
Quadro 14 - Itens declarativos a respeito da “Metodologia Científica” avaliados nos questionários VOSE-RCN (Questão 3) e VOSE-EF (Questão 4). ....	310
Quadro 15 - Itens declarativos a respeito do “Processo de Validação e Aceitação de Teorias Científicas” investigados nos questionários VOSE-RCN (Questão 7) e VOSE-EF (Questão 6). .....	319

Quadro 16 - Itens declarativos a respeito do “Leis e Teorias Científicas” investigados nos questionários VOSE-RCN (Questão 4) e VOSE-EF (Questão 5). .....	326
Quadro 17 - Itens declarativos a respeito do “Modelagem Científica” investigados nos questionários VOSE-EF (Questão 1).....	332
Quadro 18 - Distribuição percentual das respostas ao questionário (fechado) de avaliação geral da disciplina de História da Ciência 2023-1.....	337

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo fictício ilustrando os riscos metodológicos ao observar somente os valores da média (ranking médio) em uma afirmação particular em um questionário com formato respostas itens tipo-Likert.....	262
Tabela 2 - Estrutura do questionário VOSE-RCN e a distribuição percentual das respostas em cada item.....	270
Tabela 3 - Estrutura do questionário VOSE-EF e a distribuição percentual das respostas em cada item.....	272

## LISTA DE SIGLAS

NdC	Natureza das Ciências
VOSE	Questionário <i>Views on Science and Education</i> original (Chen, 2006).
VOSE-RCN	Questionário <i>Views on Science and Education</i> – Ronivan, Caluzi e Nádía
VOSE – EF	Questionário <i>Views on Science and Education</i> – Efeito Fotoelétrico
HFSC	História, Filosofia e Sociologia da Ciência
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
NOS	Nature of Science

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	19
<b>1 REFERENCIAIS TEÓRICOS.....</b>	<b>25</b>
1.1 O QUE É A NATUREZA DA CIÊNCIA? .....	25
1.2 POR QUE ENSINAR SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA?.....	28
1.3 O QUE ENSINAR SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA? .....	31
<b>1.3.1 A Visão Consensual sobre a Natureza da Ciência.....</b>	<b>32</b>
<b>1.3.2 Os Princípios Heurísticos Representativos da Natureza da Ciência .....</b>	<b>43</b>
1.4 COMO ENSINAR SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA?.....	60
<b>1.4.1 Abordagem contextual, explícita e reflexiva .....</b>	<b>60</b>
<b>1.4.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS .....</b>	<b>66</b>
<b>2 A PESQUISA HISTORIOGRÁFICA .....</b>	<b>76</b>
2.1 NARRATIVAS PSEUDO-HISTÓRICAS DO EFEITO FOTOELÉTRICO .....	76
2.2 A HISTÓRIA NÃO LINEAR DO EFEITO FOTOELÉTRICO.....	85
<b>2.2.1 1887: H. R. Hertz “Tropeça” e Investiga a Interação entre Faíscas Elétricas ...</b>	<b>85</b>
<b>2.2.2 1888-1898: As Primeiras Investigações sobre o Efeito Fotoelétrico .....</b>	<b>94</b>
<b>2.2.3 1898-1902: As Investigações de Phillip Lenard sobre o Efeito Fotoelétrico ...</b>	<b>113</b>
<b>2.2.4 1905: Albert Einstein e sua Hipótese Heurística de “Quantum de Luz” .....</b>	<b>144</b>
<b>2.2.5 1910-1913: Tentativas Clássicas de Interpretação do Efeito Fotoelétrico .....</b>	<b>172</b>
<b>2.2.6 1914-1917: As Investigações de R. A. Millikan sobre o Efeito Fotoelétrico.....</b>	<b>189</b>
<b>2.2.7 1917 – 1927: O Efeito Compton e a Aceitação da Teoria Quântica da Luz.....</b>	<b>220</b>
<b>3 A PESQUISA EMPÍRICA .....</b>	<b>230</b>
3.1 O DELINEAMENTO DA PESQUISA EMPÍRICA.....	230
<b>3.1.1 O Contexto Educacional da Pesquisa Empírica .....</b>	<b>231</b>
<b>3.1.2 Os Sujeitos da Pesquisa.....</b>	<b>235</b>
<b>3.1.3 A Disciplina de História da Ciência 2023-1.....</b>	<b>236</b>
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA EMPÍRICA .....	256
<b>3.2.1 Os Instrumentos de Coleta de Dados.....</b>	<b>256</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>269</b>
4.1 CONCEPÇÕES PRÉVIAS SOBRE A NDC – PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES....	269
4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS RESPOSTAS AO VOSE-RCN E VOSE-EF..	280

4.2.1	Sobre as Influências Histórico-Sociais-Culturais nas Pesquisas Científicas.....	280
4.2.2	Sobre a Natureza do Conhecimento Científico.....	286
4.2.3	Sobre a Natureza das Observações Experimentais .....	297
4.2.4	Sobre o Uso da Imaginação, Criatividade e Analogias .....	304
4.2.5	Sobre a Metodologia Científica .....	309
4.2.6	Sobre o Processo de Validação e Aceitação do Conhecimento Científico .....	317
4.2.7	Sobre Leis e Teorias Científicas .....	325
4.2.8	Sobre a Natureza dos Modelos Científicos.....	332
4.3	O QUE AFIRMAM OS ESTUDANTES SOBRE A ORGANIZAÇÃO E IMPLMENTAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO NA DISCIPLINA HISTÓRIA DA CIÊNCIA 2023-1?.....	336
4.3.1	Análise das Respostas ao <i>Questionário de Avaliação Geral</i> .....	337
4.3.2	Análise das <i>Memórias &amp; Reflexões</i> .....	351
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	397
	REFERÊNCIAS .....	412
	APÊNDICE A .....	443
	APÊNDICE B.....	485
	APÊNDICE C .....	506
	APÊNDICE D .....	522

## APRESENTAÇÃO

A pesquisa intitulada “Investigando a Natureza da Ciência: análise de uma abordagem contextual explícita sobre o efeito fotoelétrico no ensino superior”, é resultado de uma investigação acadêmica de nível de doutorado em “Educação para a Ciência”, iniciada em março de 2021, no âmbito da linha de pesquisa em História, Filosofia e Sociologia da Ciência no ensino de ciências. Ela tem suas raízes motivacionais e problemáticas vinculadas ao trabalho de mestrado profissional do autor principal, desenvolvido entre 2013 e 2015, com título “A Abordagem do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: contribuições de uma unidade de ensino potencialmente significativa” (Silva, 2015). Essa pesquisa, portanto, pode ser concebida como um desdobramento e um aprofundamento das temáticas abordadas nesse estudo anterior.

Em Silva (2015), organizamos e implementamos uma unidade de ensino potencialmente significativa acerca dos conceitos físicos presentes no experimento do efeito fotoelétrico, fundamentada na utilização de aspectos históricos e no uso de uma simulação computacional, cujo público-alvo foi um grupo de estudantes de um curso de educação profissional técnica de nível médio integrado. Naquele momento, estabeleceu-se como objetivo analisar as contribuições dessa proposta de ensino com foco na aprendizagem conceitual. Entre os principais resultados, observou-se que para alguns conceitos (e.g. energia de um fóton; função trabalho e energia cinética dos fotoelétrons) a maioria dos estudantes apresentou um número razoável de indícios de aprendizagem significativa, em contrapartida, poucos compreenderam significativamente os conceitos de dualidade onda-partícula, intensidade e frequência de luz na perspectiva da teoria quântica da radiação. Além disso, os estudantes relataram que, embora o uso de uma abordagem histórica tenha o potencial de tornar as aulas mais interessantes, a exigência de compreender um mesmo conceito com base em duas ou mais teorias científicas representava, por si só, uma dificuldade adicional em comparação às abordagens tradicionais. Isso sugere que cuidados importantes devem ser considerados nessa abordagem de ensino.

Ainda em relação a esse estudo anterior, dois outros resultados complementares se mostraram como problemáticas viáveis para investigações futuras. O primeiro refere-se à curiosidade e à visão de senso comum dos estudantes em relação ao processo de construção do conhecimento científico. Embora naquele momento a investigação sobre a aprendizagem epistemológica estivesse fora dos objetivos principais da pesquisa, observou-se que muitas vezes as perguntas e discussões em sala aula envolviam assuntos e questões *sobre* as ciências, e não apenas *de* ciências. O não planejamento prévio e a ausência de instrumentos para coleta

de informações sobre os conhecimentos epistemológicos dos estudantes, antes e depois da intervenção didática, foi considerada uma questão em aberto ao final daquele trabalho, a qual se tornaria ainda mais relevante cinco anos depois, durante a pandemia de Covid-19 em uma sociedade brasileira politicamente e ideologicamente polarizada.

Entre 2020 e 2021, no contexto de debates sobre a eficácia das medidas restritivas de atividades presenciais (“*lockdown*”, em inglês), as quais buscavam reduzir ao máximo a transmissão do coronavírus (SARS-CoV-2), se tornou ainda mais evidente (para este autor) a necessidade de momentos de discussão e reflexão, no contexto de sala de aula, sobre aspectos históricos, filosóficos e sociológicos das ciências com vistas à melhorar compreensão dos estudantes sobre como se dá o complexo processo de construção do conhecimento científico<sup>1</sup>. Naquela época, os sintomas dessa necessidade se mostraram mais nítidos por meio da observação de alguns exemplos pragmáticos, como: a visão socioestereotipada, ingênua e negacionista da ciência; a difícil conscientização sobre o uso de máscaras de proteção; e, sobretudo, o impacto negativo da rápida disseminação de notícias falsas (“*fake news*”) sobre eficácia das vacinas contra a doença Covid-19.

De fato, para este autor, foi emblemático reconhecer que os alertas apontados dois anos antes por Andrade (2019), no artigo intitulado “Resistência à Ciência,” publicado na Revista Pesquisa FAPESP, se materializaram durante aquela tragédia de saúde pública. Andrade (2019) destacou que muitos dos ataques diários à ciência, promovidos por grupos cujas crenças ou interesses políticos e econômicos são contrariados, ou por indivíduos com baixo letramento científico, manipulados ou não pelos primeiros, decorrem de interpretações ingênuas do trabalho científico no debate sobre questões sociocientíficas, como o aumento do aquecimento global, a eficácia de vacinas e até mesmo a esfericidade da Terra. Esse cenário reforçou a importância do conhecimento epistemológico para a melhoria da educação científica contemporânea e a indicação de caminhos com potencial para promover uma formação crítica dos indivíduos.

O segundo resultado complementar, publicado em Silva e Errobidart (2015), refere-se à observação da carência de recursos didáticos de caráter histórico disponíveis na literatura brasileira de ensino de ciências, particularmente sobre o efeito fotoelétrico, bem como à escassez de estudos sobre os problemas relacionados às narrativas históricas desse conteúdo nos livros didáticos. Em contraste, a literatura internacional já apresenta um número razoável de trabalhos acadêmicos sobre o assunto (e.g. Jammer, 1966; Wheaton, 1978, 1983; Whitaker,

---

<sup>1</sup> Foi nesse período que iniciamos as primeiras reflexões sobre essa proposta de projeto de pesquisa de doutorado.

1979a, 1979b; Kragh, 1992; Niaz *et al.*, 2010; Klassen, 2011, Klassen *et al.*, 2012; Franklin, 2013).

Naquela época, identificamos somente três trabalhos nacionais abordando episódios históricos sobre o efeito fotoelétrico. Dionísio (2005) discutiu o famoso artigo de Einstein (1905) – “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz” – com o objetivo de mostrar que Albert Einstein propôs, para o problema da radiação de corpo negro, uma solução alternativa e independente da apresentada por Max Planck (1900). No entanto, o autor não realizou uma discussão completa e detalhada do artigo, deixando de lado muitas seções, incluindo a subseção referente à aplicação da “hipótese de *quantum* de luz” para explicar como ocorrem as emissões fotoelétricas. Mangili (2012) discutiu o momento histórico e as incertezas acerca da prioridade da observação do efeito fotoelétrico por Heinrich Rudolph Hertz em 1887, com o objetivo de enfatizar alguns cuidados que os professores de disciplinas científicas devem estar atentos ao fazer uso de episódios da história da ciência em sala de aula<sup>2</sup>. Por último, no livro publicado por Martins e Rosa (2014), os autores exploram a história do conceito da dualidade onda-partícula, no início do século XX, desde os trabalhos de Max Planck e Albert Einstein até o surgimento da teoria de Louis de Broglie. No Capítulo 1 (p. 42-53) é dada ênfase às ideias de Einstein a respeito da natureza da luz, com uma discussão detalhada sobre o artigo de Einstein (1905). No entanto, as seções sobre a aplicação da “hipótese do *quantum* de luz” para explicar a regra de Stokes, o efeito fotoelétrico e a ionização de gases por luz ultravioleta não são discutidas com a mesma profundidade das seções anteriores.

Com efeito, se formos muito rigorosos, somente o trabalho de Mangili (2012) pode ser considerado intencionalmente de caráter histórico sobre o efeito fotoelétrico, enquanto os estudos de Dionísio (2005) e Martins e Rosa (2014) são mais adequadamente caracterizados como discussões sobre fundamentações teóricas e conceituais da teoria quântica da radiação.

Os resultados obtidos na pesquisa bibliográfica de Reis e Serrano (2017) acerca de como a literatura em ensino de ciências têm associado historicidade, construção de conceito e contexto ao tratar da produção e transformação da luz no efeito fotoelétrico, indicam que, até o ano de 2017, a lacuna referente à escassez de uma pesquisa historiográfica sobre o efeito fotoelétrica ainda permanecia aberta. Vale destacar, nesse ínterim, as análises das narrativas históricas sobre o efeito fotoelétrico em livros didáticos utilizados em cursos de graduação em física, realizadas por Soares (2016) e Lima *et al.* (2017). Esses estudos apontam transposições

---

<sup>2</sup> Os resultados que serão apresentados em nossa atual pesquisa historiográfica estão em conflito com as conclusões de Mangili (2012) [cf. Capítulo 3: A Pesquisa Historiográfica].

didáticas que apresentam graves distorções históricas, mitos, anacronismos, inadequações, ausência de contexto histórico-social-cultural, inconsistências e superficialidades nos argumentos, além de uma concepção empírico-indutivista da atividade científica.

Também deve ser mencionado o trabalho de Rodrigues e Pereira (2020), no qual os autores defenderam o uso da estratégia de discussão da Filosofia da Ciência denominada “Inferência à Melhor Explicação” como heurística para o ensino da história da ciência na formação de professores de física. Como exemplo ilustrativo, a perspectiva foi empregada no episódio histórico da disputa entre explicações concorrentes para o efeito fotoelétrico, durante as primeiras décadas do século XX, em especial, na disputa entre a “hipótese de gatilho” de Lenard (1902) e a “hipótese de *quantum*” de luz de Einstein (1905). No entanto, conforme ressaltado pelo próprio autor, a proposta do trabalho não é ser uma pesquisa historiográfica sobre esse episódio, mas apenas fazer uso de resultados publicados na literatura internacional.

Assim, com base nesses breves apontamentos, em março de 2021, observamos que a problemática da escassez de recursos didáticos sobre a história do efeito fotoelétrico ainda persistia na literatura em ensino de ciências. Em outras palavras, o desafio de construir uma narrativa histórica abrangente, fundamentada em fontes primárias e secundárias, englobando os principais episódios da história não linear da construção desse conhecimento científico a respeito dos fenômenos fotoelétricos ainda não havia sido aceito por pesquisadores brasileiros.

Uma vez que é possível encontrar certa quantidade de trabalhos nacionais que discutem o emprego de outros recursos didáticos para o ensino do efeito fotoelétrico, em especial, o uso de simulações computacionais e laboratório experimental (cf. Silva; Errobidart, 2015; Reis; Serrano, 2017), nossa hipótese é que, até o momento, algumas iniciativas de pesquisas podem ter sido significativamente dificultadas pela ausência, em língua portuguesa brasileira, de um trabalho sobre a história não linear do efeito fotoelétrico.

Além disso, esta pesquisa de doutorado compartilha do entendimento – e tem como premissa inicial – que a escolha do tópico curricular “o efeito fotoelétrico” é indicada para uma investigação empírica sobre o uso de abordagens contextuais e explícitas acerca de aspectos históricos, filosóficos e sociológicos da ciência. Em razão das sucessivas e rápidas modificações teóricas e controvérsias científicas que ocorreram no início do século XX, esse conteúdo se torna favorável à promoção de momentos de argumentação, discussão, reflexão e exemplificação da integração dinâmica entre dados experimentais e aspectos teóricos. Tal escolha ainda é reforçada devido ao fato de que a abordagem do experimento do efeito fotoelétrico, normalmente, é um dos primeiros tópicos a ser ensinados nos programas da disciplina de Física Quântica (ou Física Moderna).

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral do estudo é analisar as contribuições de uma abordagem contextual explícita sobre a história do efeito fotoelétrico, organizada para ser implementada na disciplina de História da Ciência, em um curso de graduação em Física, adotando como referencial de ensino a Teoria da Aprendizagem Significativa e, como referência teórico-metodológica, a visão consensual da Natureza da Ciência e seus respectivos princípios heurísticos representativos.

Esse estudo se insere na linha de pesquisa Filosofia, História e Sociologia da Ciência no ensino de ciências, abrangendo: a inserção de aspectos da Natureza da Ciência por meio de abordagens contextuais e explícitas; os processos e práticas pedagógicas desenvolvidas em ambientes reais de aprendizagem; os fundamentos e as concepções teórico-metodológicos nos processos de ensino e de aprendizagem e, por fim, as relações entre os conhecimentos filosóficos, epistemológicos, sociológicos e históricos da ciência e o ensino de ciências.

De maneira resumida, nosso objetivo é defender a tese de que uma abordagem contextual explícita sobre a história não linear do efeito fotoelétrico, elaborada para ser implementada na disciplina de História da Ciência em um curso de graduação em Física, tomando como referencial de ensino a Teoria da Aprendizagem Significativa e, como referência teórico-metodológica, a visão consensual sobre a Natureza da Ciência e seus respectivos princípios heurísticos representativos, possibilita uma compreensão mais precisa e bem informada do processo de construção do conhecimento científico, abrangendo as dimensões históricas, epistemológicas e sociológicas.

Nesse sentido, foram estabelecidos objetivos específicos, resultando na seguinte estruturação deste relatório para defesa de tese de doutorado. O Capítulo 1 apresenta uma discussão sobre a importância do ensino de aspectos da chamada Natureza da Ciência nas aulas de disciplinas científicas. Este capítulo, que aborda os referenciais teórico-metodológico e de ensino da pesquisa, está dividido em quatro seções distintas. Ele tem como objetivo responder às seguintes perguntas: “*O que é a Natureza da Ciência?*”, “*Por que ensinar sobre a Natureza da Ciência?*”, “*O que ensinar sobre a Natureza da Ciência?*” e “*Como ensinar sobre a Natureza da Ciência?*”.

No **Capítulo 2**, utilizando-se fontes primárias e secundárias, apresenta-se o resultado de uma pesquisa historiográfica abrangente que teve como objetivo responder à seguinte questão: “*Como se deu a gênese e o desenvolvimento do conhecimento científico sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico no período entre 1887 e 1927?*”. Além disso, durante essa etapa, como objetivo secundário, foram realizadas análises críticas, discussões e reflexões sobre a presença de narrativas pseudo-históricas em livros didáticos e textos acadêmicos.

No **Capítulo 3**, são delineados os procedimentos metodológicos adotados para conduzir a segunda etapa do estudo: a pesquisa empírica. O capítulo detalha a organização e implementação de uma intervenção didática fundamentada em uma abordagem contextual explícita e na Teoria da Aprendizagem Significativa. A disciplina é voltada para a formação crítica no uso didático da História da Ciência, especialmente em relação à história do efeito fotoelétrico e, em particular, para a construção de uma imagem mais precisa e bem informada sobre a Natureza da Ciência. São descritas as fases de desenvolvimento da pesquisa, os objetivos específicos, o contexto educacional envolvido, os instrumentos utilizados para a coleta de dados, bem como as razões que embasaram a escolha dos métodos adotados para o tratamento dos dados.

No **Capítulo 4**, na primeira parte, são apresentadas as análises e discussões dos resultados empíricos obtidos a respeito das concepções prévias e posteriores dos estudantes em relação a diversos aspectos da Natureza da Ciência. Uma análise qualitativa dos dados coletados foi conduzida com o objetivo de avaliar se houve um avanço na compreensão epistemológica dos estudantes e se esse avanço pode ser caracterizado como uma aprendizagem significativa. Na segunda parte, foi feita a análise qualitativa das respostas dos estudantes ao *Questionário de Avaliação Geral* e de suas *Memórias & Reflexões* semanais, buscando identificar pontos fortes e críticos em relação às diversas estratégias didáticas implementadas, estruturação e sequência lógica adotada, predisposição ativa, influência na formação crítica para futura atuação docente e mudanças em suas concepções epistemológicas.

Por fim, no **Capítulo 5**, traz as considerações finais da pesquisa, reconhecendo seus limites e possibilidades. Destacam-se, nesse capítulo, as principais contribuições metodológicas e analíticas do estudo para a área de ensino de ciências, com ênfase no ensino de Física, além de sugestões práticas para futuras investigações relacionadas à proposta desenvolvida.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo está inserido na conjuntura atual de desafios da educação científica contemporânea, os quais exigem o desenvolvimento não apenas de um saber *de* ou *em* ciências (conhecimento teórico, conceitual e procedimental), mas também uma compreensão mais precisa e bem informada *sobre* diversos aspectos da chamada Natureza da Ciência (NdC), especialmente no contexto de formação de professores de física.

Ao longo desta tese de doutorado, examinamos as contribuições de uma proposta de ensino baseada em uma abordagem contextual explícita acerca do processo não linear de construção do conhecimento científico do efeito fotoelétrico no início do século XX. Utilizamos como referência teórico-metodológica a visão consensual sobre a Natureza da Ciência (NdC), explorando e problematizando seus respectivos princípios heurísticos representativos, bem como as principais visões distorcidas sobre a trabalho científico. E, como referencial de ensino, adotou-se a TAS proposta por Ausubel (2003).

A motivação inicial deste estudo surgiu a partir da análise de revisões bibliográficas, nas quais observou-se a escassez de trabalhos na literatura brasileira em ensino de ciências – com exceção de Rodrigues (2021) – que investiguem modificações nas concepções de NdC dos estudantes por meio de uma abordagem explicitamente contextualizada na história da explicação, validação e aceitação da teoria quântica da radiação proposta por Albert Einstein, com ênfase no fenômeno das emissões fotoelétricas.

Uma vez que outros recursos didáticos são comumente empregados para o ensino do efeito fotoelétrico (e.g. simulação computacional e aparatos experimentais), inferimos que a ausência, até o presente momento, de trabalhos abrangentes sobre a história não linear do efeito fotoelétrico, no período entre 1887 e 1927, em língua portuguesa brasileira, possa ter dificultado algumas iniciativas de pesquisas nesse sentido. Portanto, o recorte histórico adotado assegura a originalidade desta tese de doutorado

Na primeira etapa desta investigação, foi conduzida uma pesquisa historiográfica sobre gênese e desenvolvimento do conhecimento científico a respeito do fenômeno do efeito fotoelétrico, desde sua primeira observação (em 1887) até a aceitação geral da teoria quântica da radiação (por volta de 1927). A partir da leitura e análise documental de fontes primárias e secundárias, buscamos colaborar para a redução do problema da escassez de materiais históricos acessíveis em língua portuguesa no ensino de física.

Assim, foi construída uma narrativa histórica com ênfase na influência dos contextos histórico, sociocultural, político, econômico e científico-tecnológico para o desenrolar dos

eventos. Essa narrativa estruturada em sete episódios históricos, é, portanto, um recurso didático de caráter histórico que agora poderá ser utilizado por outros professores e pesquisadores. Esse material não apenas apoia abordagens investigativas sobre temas e questões relacionadas ao ensino de aspectos da NdC, mas também facilita discussões sobre os fundamentos teóricos, conceituais e procedimentais do desenvolvimento inicial da teoria quântica da radiação no início do século XX. Adicionalmente, as informações apresentadas viabilizam a identificação e a problematização as narrativas pseudo-históricas sobre o efeito fotoelétrico presentes em livros didáticos, contribuindo para a desconstrução de mitos, omissões e distorções históricas que visam, acima de tudo, transmitir uma visão estereotipada do processo de construção do conhecimento científico.

As narrativas pseudo-históricas comumente encontrada nos livros didáticos de física nem sempre reflete com precisão os eventos históricos em todas as suas complexidades e nuances. Conforme aponta Franklin (2016), em seu trabalho intitulado “Livros de Física Nem Sempre Dizem a Verdade”, isso pode não ser uma coisa necessariamente ruim do ponto de vista pedagógico, desde que os professores estejam atentos e cientes dessas discrepâncias. A exploração e problematização integrada, contextualizada e explícita de narrativas pseudo-históricas pode ajudar a explicar conceitos científicos e metacientíficos aos estudantes, levando-os a compreenderem que o processo de construção do conhecimento científico não é de forma alguma uma sequência linear e ininterrupta de etapas bem sucedidas.

Com efeito, deseja-se ressaltar a importância de uma melhor compreensão das bases filosóficas que sustentam os debates científicos de uma determinada época, a fim de alcançar um entendimento mais profundo do processo de construção do conhecimento científico. A análise das diversas visões acerca do papel da experimentação, das hipóteses, dos modelos científicos, das analogias e da matemática, especialmente no contexto científico-tecnológico britânico/norte-americano e alemão do início do século XX, contribuiu significativamente para uma visão mais refinada dos esforços empreendidos pelos cientistas daquele período nas investigações sobre a natureza da luz e da matéria. Além disso, foi possível observar a influência de diferentes perspectivas teórico-metodológicas e filosóficas ao longo do complexo processo de aceitação da teoria quântica da radiação.

Ainda sobre a pesquisa historiográfica (cf. Capítulo 2), consideramos que as informações discutidas nos sete episódios históricos suficientes e adequadas para explorar e problematizar todos os nove princípios heurísticos representativos da visão consensual da NdC selecionados pelos autores, incluindo discussões e reflexões sobre questões políticas, éticas e morais. Informamos que outros textos de caráter histórico foram produzidos ao longo desse

período de investigação, ainda que eles não tenham sido incorporados nesta tese. Destaca-se, no contexto de análise das tentativas clássicas de interpretação do efeito fotoelétrico, em Suttini, Caluzi e Errobidart (2025) o ensaio histórico sobre a “hipótese  $h$ ” proposta por Sommerfeld-Debye. Neste momento, aguardamos a avaliação do ensaio sobre a “teoria da ação fotoelétrica” formulada pelo físico britânico Owen W. Richardson. Ademais, estamos em fase de organização do livro “*Ensaio Históricos: o efeito fotoelétrico*”, no qual reuniremos todos os resultados de nossa pesquisa historiográfica.

A avaliação acerca das contribuições de nossa proposta de ensino foi realizada com base em um conjunto de informações obtidas durante a organização e implementação da disciplina História da Ciência 2023-1, em um curso de graduação em Física (licenciatura e bacharelado).

No que diz respeito à coleta e análise das concepções prévias dos estudantes sobre a NdC, empregamos o instrumento denominado “*Questionário VOSE-RCN*”, abordando nove aspectos sobre a NdC, na perspectiva da visão consensual da NdC, são interpretados como princípios heurísticos representativos da sobre o processo de construção do conhecimento. Trata-se de um longo questionário fechado, com respostas itens tipo-Likert de cinco pontos, resultante de contínuas reformulações, discussões e críticas ao “*Questionário VOSE*”, proposto inicialmente por Chen (2006). Para analisar as concepções posteriores dos estudantes sobre a NdC, foi empregado o “*Questionário VOSE-EF*”, similar ao anterior, porém com suas perguntas e itens contextualizados com informações sobre a história do efeito fotoelétrico.

O tratamento dos dados mostra que as informações coletadas por meio desses dois questionários possibilitaram a análise comparativa das concepções prévias e posteriores dos estudantes sobre os nove aspectos da NdC pré-estabelecidos. Nesse sentido, os dois instrumentos mostraram-se viáveis para avaliar a possível influência das estratégias didáticas adotadas na disciplina com vistas à aprendizagem significativa de conceitos metacientíficos, isto é, ao desenvolvimento de uma compreensão mais precisa e bem informada sobre a NdC.

Embora a pesquisa na área de ensino de ciências tenha destacado que professores de disciplinas científicas, tanto em formação inicial quanto em prática efetiva, frequentemente possuem concepções distorcidas, estereotipadas e simplificadas sobre o trabalho científico, nossos resultados indicam que a ampla maioria das concepções epistemológicas prévias dos estudantes estava alinhada com os princípios defendidos pela visão consensual da NdC. Em outras palavras, observou-se que os estudantes já dispunham de subsunçores relevantes e relativamente elaborados, o que favoreceu a ancoragem de novos conhecimentos e possibilitou a ocorrência de uma aprendizagem significativa, no sentido ausubeliano, por meio da

*diferenciação progressiva* e da *reconciliação integrativa* entre suas ideias prévias e os novos conteúdos abordados.

Segundo os relatos dos próprios estudantes, esse resultado favorável parece ser, em grande medida, atribuído às discussões e reflexões realizadas durante a disciplina de “Metodologia e Prática de Ensino IV”, ministrada no semestre anterior à pesquisa, que enfatizou a importância da abordagem de aspectos históricos, filosóficos e sociológicos no ensino de ciências.

No entanto, como ressalva, vale a pena destacar que, em alguns momentos específicos, identificou-se indícios de uma visão experimentalista crédula e de uma perspectiva falsificacionista ingênua, que está articulada à “*visão empírico-indutivista e a-teórica*” e, sobretudo, à “*visão rígida, algorítmica e infalível*” do trabalho científico. Isso sugere que, nestas situações, os estudantes equivocadamente acreditam que a resolução de controvérsias científicas se baseia unicamente na disponibilidade de observações empíricas conclusivas e irrefutáveis, as quais, por si só, demonstrariam a veracidade absoluta de uma das teorias concorrentes. Tais indícios revelam a presença de alguns subsunçores mal estruturadas ou conceitualmente limitados, que dificultam a integração significativa de novos conhecimentos.

No que se refere ao aspecto da NdC “*Sobre as Influências Histórico-Sociais-Culturais nas Pesquisas Científicas*”, nossos resultados confirmam achados de estudos anteriores no ensino de ciências, evidenciando que os estudantes possuem alguma familiaridade com a ideia de que a ciência é influenciada por contextos históricos, sociais e culturais. No entanto, essa compreensão ainda é parcial e pouco articulada, refletindo um entendimento fragmentado dessa dimensão. De modo geral, os estudantes reconhecem que a ciência está entrelaçada com a vida cotidiana e é moldada por valores socioculturais e relações de poder dentro de um sistema complexo e interdependente. Contudo, a análise das medianas das respostas após a intervenção didática revela que muitos ainda permanecem no nível “*parcialmente informados*”. Embora aceitem a que a ciência é influenciada socialmente, tendem a restringir essa influência a usos práticos ou manipulações políticas, sem reconhecer que todo o processo científico — desde a formulação dos problemas até a análise dos dados — está permeado por contextos históricos, sociais e valores culturais.

Por outro lado, os dados qualitativos, especialmente extraídos das *Memórias & Reflexões*, evidenciam um avanço significativo: muitos estudantes ultrapassam essas noções superficiais e passam a valorizar a ciência como uma prática pluralista, situada historicamente e imersa em redes complexas que envolvem aspectos culturais, políticos, econômicos e tecnológicos. As reflexões demonstram um reconhecimento crescente da ciência como um

sistema sociotécnico, que tanto é influenciado pelo seu contexto social mais amplo quanto exerce influência sobre ele. Essas trajetórias de aprendizagem indicam uma ruptura emergente com concepções ingênuas e idealizadas de “*neutralidade científica*”, avançando para um entendimento mais sofisticado, crítico e epistemicamente pluralista da interdependência dinâmica entre ciência e sociedade. Esses avanços, ainda que parciais, reforçam a possibilidade de uma mudança indispensável no ensino de ciências, que promova perspectivas sistêmicas e contextualizadas, evidenciando como a ciência funciona dentro e em resposta a uma teia inter-relacionada de forças sociais, políticas, econômicas e tecnológicas, e não como uma atividade isolada e objetiva.

Em relação ao aspecto da NdC “*Sobre a Natureza do Conhecimento Científico*”, a análise dos dados sugere avanços relevantes nas concepções epistemológicas dos estudantes, ainda que marcados por nuances e contradições. Assemelhando-se aos achados de Teixeira (2003), observou-se que a maioria dos estudantes reconhece, de forma bem ou parcialmente informada, que leis e teorias científicas são provisórias e sujeitas a revisões ou substituições, o que está alinhado com a perspectiva contemporânea da epistemologia da ciência, que valoriza a falibilidade e historicidade do conhecimento científico. No entanto, tal reconhecimento não se distribui de maneira homogênea: a comparação entre respostas relativas à “lei da inércia” (1ª lei de Newton) e à “lei do efeito fotoelétrico” indica maior abertura à mudança no segundo caso, sugerindo uma influência favorável da intervenção didática. Contudo, persiste, entre parte dos estudantes, uma *visão empírico-indutivista e ateórica*, centrada quase exclusivamente na acumulação de evidências empíricas como critério de validação, o que reforça tanto a absolutização acrítica de certas leis clássicas quanto um relativismo excessivo frente à “verdade científica”. Essa coexistência de concepções bem informadas e distorcidas pode ser interpretada, à luz da TAS, como indicativa de um processo de *reconciliação integrativa* entre significados novos e estruturas cognitivas prévias ainda não completamente integrados. A presença de ideias como rupturas paradigmáticas, transformações graduais e critérios teóricos de avaliação aponta para indícios promissores de mudança conceitual, mas também evidencia a necessidade de continuidade no trabalho pedagógico. Assim, reafirma-se a importância de outras intervenções educativas historicamente contextualizadas, capazes de problematizar visões ingênuas e estereotipadas — tanto dogmáticas quanto céticas — e promover a construção de compreensões mais amplas, críticas e epistemologicamente informadas sobre a natureza contingente, dinâmica e evolutiva da ciência.

No que se refere ao aspecto da NdC “*Sobre a Natureza das Observações Experimentais*”, os dados obtidos indicam que as concepções iniciais e finais dos estudantes

permaneceram relativamente próximas dos posicionamentos epistemológicos defendidos pelos estudos contemporâneos da HFSC, evidenciando, de maneira geral, uma compreensão “*parcialmente informada*” da subjetividade nas observações científicas. Ainda que não se tenham verificado mudanças significativas nas medianas de resposta em quase todos os itens avaliados, destaca-se um movimento conceitual importante no que diz respeito à rejeição da ideia de que os relatos das observações devam ser necessariamente idênticas. Tal recusa foi particularmente evidente perante a concepções que sustentam que “*as observações experimentais são exatamente aquilo que vemos e nada mais*” ou que consistem numa “*reprodução objetiva e exata do mundo exterior*”, isenta de interpretações divergentes. Essa mudança pontual sugere um início de amadurecimento da percepção dos estudantes sobre o carácter teórico-mediado, contextual e potencialmente subjetivo das práticas observacionais em ciência, rompendo, ao menos parcialmente, com visões empiristas centradas na neutralidade do observador. Sob a perspectiva da TAS (Ausubel, 2003), esse processo aponta para uma construção gradual de estruturas cognitivas mais integradas, nas quais o novo conhecimento se conecta de forma significativa às concepções anteriores, sem que estas sejam simplesmente descartadas ou substituídas.

Em relação ao aspecto da NdC “*Sobre o Uso da Imaginação, Criatividade e Analogias*”, as respostas aos questionários VOSE-RCN e VOSE-EF revelam que os estudantes possuem uma compreensão *bem informada* sobre o papel indispensável desses elementos na inovação científica e na construção do conhecimento. A maioria reconhece sua importância tanto para físicos teóricos quanto para experimentais, afastando-se da visão ultrapassada da ciência como um processo puramente empírico e mecânico. Isso está alinhado ao referencial teórico que enfatiza que o conhecimento científico como um processo dinâmico e criativo, no qual o engajamento cognitivo e as conexões significativas entre conhecimentos novos e prévios são cruciais (Lederman *et al.*, 2002; Koyré, 1982). A análise das *Memórias & Reflexões* dos estudantes, como as do Tiago, Lara e Jorge, confirmam que eles entendem que a imaginação e o raciocínio por analogia como ferramentas cognitivas centrais para inovar e compreender, e não apenas recursos didáticos. Percebem que a ciência usa modelos e analogias para explicar fenômenos não observáveis diretamente. Isso reforça o afastamento da visão simplista e puramente empírica da ciência, reconhecendo seu carácter interpretativo e criativo. De acordo com a TAS (Ausubel, 2003), os resultados indicam que os estudantes já integram esses aspectos ao seu conhecimento prévio, especialmente na física teórica. Contudo, a compreensão da física experimental ainda é mais limitada. Isso indica a possibilidade de estratégias pedagógicas que

promovam conexões mais profundas entre os aspectos criativos e técnicos da física experimental, ampliando a compreensão científica de forma mais abrangente.

No que tange ao aspecto da Natureza da Ciência (NdC) “*Sobre a Metodologia Científica*”, nossos resultados indicam uma clara falta de definição epistemológica e conceitual entre os estudantes acerca da diversidade metodológica no fazer científico. Essa indefinição manifesta-se sobretudo na tendência de muitos estudantes em associar o método científico a uma sequência única, linear, rígida e universal de etapas, como se houvesse um único “caminho certo” para produzir conhecimento científico. Tal visão simplificada e restritiva não reflete a complexidade do trabalho científico real, que envolve múltiplas abordagens e estratégias adaptadas ao contexto e aos objetivos da investigação. Essa realidade ficou evidente na análise dos dados quantitativos, em que algumas situações os valores da mediana inicial (Md(i)) foram muito próximos ou iguais ao índice de referência (S) (itens 8aA, 8aE e 8aF), indicando alinhamento com a visão tradicional. Em outros casos, a distribuição percentual apontou para uma divisão quase equilibrada de opiniões (itens 8aB, 8aC e 8aD), revelando a coexistência de concepções variadas. Por fim, houve itens nos quais a mediana inicial divergiu significativamente do índice especialista (item 8aG), demonstrando discordância crítica dos estudantes. Apesar dessa pluralidade e dessas lacunas iniciais, a comparação entre as duas coletas revelou uma leve, porém consistente, evolução em direção a concepções mais informadas, que reconhecem a pluralidade e a dinâmica das metodologias científicas. Essa mudança positiva foi especialmente perceptível em três dos cinco itens originalmente classificados como “*concepções distorcidas*” ou “*divergência equilibrada*”, sinalizando um avanço na compreensão dos estudantes sobre a natureza plural e flexível do método científico.

Os dados qualitativos extraídos das *Memórias & Reflexões* corroboram e aprofundam os achados quantitativos, revelando nuances importantes sobre as concepções dos estudantes. A diversidade de perspectivas fica clara, com casos que confirmam a persistência de visões rígidas e lineares, como observado nos relatos dos estudantes Marta e Tiago, cujas reflexões evidenciam uma compreensão normativa e pouco crítica do método científico, alinhada às concepções inicialmente classificadas como “*distorcidas*”. Em contrapartida, há relatos que demonstram um entendimento mais sofisticado e reflexivo, como nos casos de Amanda, Helena e Jorge, que já captaram a pluralidade metodológica e o caráter dinâmico da ciência, refletindo a mudança positiva detectada na análise quantitativa. Além disso, essas reflexões qualitativas enriquecem a compreensão do fenômeno ao revelar aspectos pouco perceptíveis nos dados numéricos, como a valorização da criatividade e da imaginação no processo científico (destacada por Amanda), e a resistência expressa por alguns estudantes em aceitar a

subjetividade e a historicidade da ciência (exemplificada por Marta). A análise detalhada dessas posições individuais mostra a complexidade da “falta de clareza epistemológica” mencionada anteriormente, expondo o contraste entre visões normativas tradicionais e abordagens mais críticas e contextualizadas. Importante destacar que a manutenção de concepções rígidas mesmo após as discussões em sala reforça que a mudança conceitual na compreensão da metodologia científica é um processo lento, gradual e parcial, que demanda estratégias pedagógicas específicas para aprofundar o entendimento crítico dos estudantes sobre a natureza plural, criativa e socialmente construída do conhecimento científico.

A análise dos dados, à luz da TAS (Ausubel, 2003), evidencia que a mudança conceitual observada entre os estudantes depende da integração ativa dos novos conhecimentos às estruturas cognitivas preexistentes. A persistência de concepções rígidas não invalida os avanços substanciais já alcançados, mas evidencia a complexidade intrínseca ao processo de reorganização dos subsunçores prévios diante de temas epistemologicamente denso, muitas vezes baseados em concepções tradicionais e simples sobre o método científico, com raízes profundas. Portanto, é necessário reconhecer que, para alguns estudantes, a aprendizagem significativa não ocorreu plenamente, revelando resistência à reestruturação cognitiva. Esse fenômeno não desmerece o impacto da mediação pedagógica, mas ressalta que o processo de internalização crítica demanda tempo, engajamento contínuo e estratégias pedagógicas diversificadas. O avanço para compreensões mais sofisticadas e pluralistas confirma o dinamismo da aprendizagem significativa, que só se consolida mediante reflexão crítica e contínua reorganização das estruturas cognitivas.

No que concerne ao aspecto da NdC “*Processo de Validação e Aceitação do Conhecimento Científico*”, os resultados indicam que, diante da tarefa de avaliar os diferentes critérios utilizados por cientistas na escolha entre teorias concorrentes, as concepções prévias dos estudantes apresentaram distribuição equilibrada entre as categorias “*distorcida*” e “*bem informada*”, sem ocorrência de concepções “*parcialmente informadas*”. Em relação às concepções posteriores, observou-se uma aproximação expressiva entre os valores da mediana final [ $Md(f)$ ] e o índice de referência especialista ( $S$ ), com sete dos oito itens sendo classificados como compreensão “*bem informada*” da NdC. Apenas um item manteve-se como “*compreensão distorcida*”. Tais resultados evidenciam um avanço relevante na compreensão dos estudantes sobre a multiplicidade de critérios que orientam a validação e a aceitação de teorias científicas, indo além de uma visão simplificada ou dogmática da ciência. Esse avanço também se manifesta qualitativamente nas *Memórias & Reflexões*, sobretudo nas 15 menções explícitas à rede histórica de reformulações motivadas por lacunas conceituais (Categoria 5).

As reflexões dos estudantes Maria, Lara e Gabriel demonstram que eles passaram a reconhecer a falibilidade e a natureza reconstrutiva do conhecimento científico, percebendo as lacunas epistêmicas, as tensões conceituais e as limitações explicativas como elementos centrais no processo de validação e reformulação teórica. As evidências qualitativas, sob a ótica da TAS (Ausubel, 2003), sugerem que houve uma clara ancoragem de novos significados em estruturas cognitivas prévias relevantes (*subsunções*), resultando em uma *diferenciação progressiva* e uma *reconciliação integrativa* de conceitos relacionados à prática científica. Em vez de simples memorização ou mudança superficial, observa-se uma aprendizagem significativa genuína, na qual os novos conhecimentos foram incorporados de forma substantiva e não arbitrária, promovendo uma reorganização estrutural do pensamento dos estudantes sobre como o conhecimento científico é construído, avaliado e validado ao longo do tempo.

Quanto ao aspecto da NdC “*Sobre Leis e Teorias Científicas*”, nossos resultados, de maneira geral, diferem de outros encontrados na literatura de pesquisa em ensino de ciências, os quais têm relatado obstáculos e dificuldades em relação à aprendizagem desse aspecto da NdC na formação inicial de professores de disciplinas científicas. Observou-se que as concepções prévias dos estudantes foram classificadas como “*bem informadas*”, “*parcialmente informadas*” ou constatou-se uma “*divergência equilibrada*” de opiniões. Entretanto, ao término da disciplina de História da Ciência 2023-1, foi observado que, em todos os itens declarativos avaliados sobre esse tema, os valores da mediana final ( $Md(f)$ ) se aproximaram ou igualaram aos valores do índice referência especialista ( $S$ ). Essa evolução pode ser atribuída à implementação de uma abordagem contextual explícita, fundamentada na TAS (Ausubel, 2003), permitindo que os estudantes relacionem conceitos metacientíficos complexos a seus conhecimentos prévios, favorecendo uma aprendizagem mais profunda e estruturada.

Por fim, no que se refere ao aspecto da NdC “*Sobre a Natureza dos Modelos Científicos*”, a análise das concepções dos estudantes sobre o papel epistêmico das analogias, modelos e representações na ciência revelou um reconhecimento generalizado de que o conhecimento científico opera por meio de construções indiretas da realidade, mediadas por linguagens, símbolos, imagens e estruturas teóricas. Os dados dos questionários VOSE-EF (Quadro 17 e Figura 39) evidenciam que, embora todas as respostas tenham sido classificadas como “*parcialmente informadas*”, houve forte adesão às concepções mais bem informadas sobre a função representacional dos modelos científicos, sobretudo nos itens que enfatizam a impossibilidade de representar a realidade de forma autêntica e o papel ativo da criatividade e da imaginação na construção dos modelos científicos. Esse entendimento foi reforçado nas *Memórias & Reflexões* escritas durante a sétima semana, em que 12 menções explícitas à

natureza representacional da ciência foram identificadas. Os estudantes Tiago, Lara e Jorge demonstraram compreender que os modelos científicos não são cópias fiéis da realidade, mas construções interpretativas, permeadas por analogias, hipóteses e elementos criativos. Eles ressaltaram o papel da imaginação na formação de imagens mentais e na construção de inferências sobre fenômenos não diretamente observáveis, reconhecendo a função operatória dos modelos tanto na explicação quanto na previsão científica. Esse conjunto de evidências sugere que a abordagem contextual explícita favoreceu a aprendizagem significativa sobre a função epistêmica dos modelos, aproximando os estudantes de uma visão contemporânea da ciência como atividade modeladora, representacional e criativa.

As respostas ao *Questionário de Avaliação Geral* e das *Memórias & Reflexões* revelaram limites e potencialidades da organização e implementação da disciplina de História da Ciência 2023-1 para formação de futuros professores de física. A análise da “*Participação Discente*”, apontou uma discrepância entre a percepção dos estudantes e os dados objetivos. Enquanto poucos se autoavaliaram como “*participação insatisfatória*”, a entrega das atividades foi irregular, com muitos estudantes ausentes em várias semanas, especialmente entre S8 e S12, período de maior sobrecarga acadêmica e provas. Relatos apontam fadiga e queda na frequência, indicando impacto da carga horária concentrada e da organização das aulas em um único dia. Alguns estudantes mantiveram participação ativa, enquanto outros demonstraram desengajamento progressivo, com reflexões cada vez mais superficiais. Críticas pontuais sobre a duração das aulas sugerem necessidade de ajustes, como intervalos maiores e divisão da carga horária em dias distintos. Por outro lado, o ambiente de debate e reflexão foi valorizado, estimulando o pensamento crítico. Contudo, muitas *Memórias & Reflexões* focaram no conteúdo, sem reconhecer explicitamente a própria participação nas dinâmicas. Isso evidencia diferentes formas de engajamento: cognitivo e comunicativo, com o primeiro mais presente nas reflexões escritas. Portanto, a participação discente e, conseqüentemente, a predisposição ativa (no sentido ausubeliano), parece demandar uma compreensão em suas múltiplas dimensões, indo além da mera presença e entrega de atividades.

As análises sobre a “*Qualidade dos Textos*” selecionados mostram uma percepção majoritariamente positiva dos estudantes, confirmada pelos dados do questionário (92% avaliações “*satisfatórias*” ou “*muito satisfatórias*”) e pelas manifestações espontâneas nas *Memórias & Reflexões*. Apesar de pouco frequentes (13 menções até a semana S12), indicam três tendências principais. Primeiro, há reconhecimento da utilidade prática dos textos para a formação crítica, especialmente na análise da escrita historiográfica ou leitura cuidadosa da ciência. Exemplos são Pedro (S4) e Tiago (S4), que consideram o texto de Martins (2001) um

“guia” para escrita precisa e analítica. Segundo, avaliações mais profundas surgem quando os textos são acompanhados por atividades problematizadoras, como questionários e discussões em sala, conforme relatos de Lídia (S4), Luiz (S4) e Gustavo (S12). Por fim, há equilíbrio entre elogios e críticas à estrutura dos textos, como a valorização da organização e clareza do artigo de Martins (2001), mesmo com sua complexidade. Em resumo, os estudantes não analisam tecnicamente os textos, mas valorizam sua relevância formativa, especialmente com mediação didática que estimula reflexão crítica. O papel mediador do professor é, portanto, essencial na seleção e na criação de situações que potencializam a leitura ativa e significativa.

A dimensão “*Volume e Prazos das Atividades*” concentrou as avaliações mais críticas do curso, com 13 estudantes indicando insatisfação. O acúmulo de tarefas e os prazos curtos geraram estresse, desmotivação e queda na qualidade das entregas, especialmente nas últimas semanas. Os relatos de E1, E9 e E21 reforçam o impacto negativo dessa sobrecarga sobre o engajamento e o bem-estar dos estudantes. A análise das *Memórias & Reflexões* corrobora essa percepção: ainda que até a semana S10 a preocupação com prazos tenha sido pontual (Maria, S4), houve um aumento notável nas queixas a partir da S12, associadas ao cansaço e à dificuldade de foco (Amanda, Lara, Suzana, Gustavo). Esses dados indicam que a sobrecarga foi particularmente sentida no fim do semestre, comprometendo a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003). Ajustes no cronograma, com prazos mais flexíveis e atividades estratégicas, são essenciais para garantir engajamento, saúde mental e uma aprendizagem mais profunda e bem integrada.

A “*Condução das Discussões e Reflexões*” pelos professores-pesquisadores foi amplamente reconhecida como um dos principais méritos da disciplina. No *Questionário de Avaliação Geral*, 21 dos 22 estudantes atribuíram avaliações “*Satisfatória*” ou “*Muito Satisfatória*” a esse aspecto, sinalizando que a abordagem dialógica e participativa adotada favoreceu o engajamento crítico e a construção de sentidos. Essa valorização está em consonância com o princípio da *reconciliação integrativa* (Ausubel, 2003), pois contribuiu para articular saberes prévios e novos significados. Estudantes enfatizaram o papel das leituras, apresentações e debates na promoção de reflexões mais profundas sobre a natureza da ciência.

A análise das *Memórias & Reflexões* revelou consenso sobre a relevância da condução das discussões em sala: todos os estudantes, em diferentes momentos, abordaram esse aspecto, totalizando 50 menções explícitas e 20 implícitas. Os registros demonstram reconhecimento qualitativo das estratégias adotadas, sobretudo na construção de um ambiente plural, democrático e acolhedor. Muitos destacaram que as discussões permitiram a expressão de múltiplas perspectivas, a escuta respeitosa e a valorização da colaboração. Também foi

recorrente a associação entre momentos de debate e maior engajamento discente — ao passo que a ausência desses momentos, como relatado por Maria, foi alvo de crítica. A abordagem dos professores estimulou o pensamento crítico por meio de provocações conceituais, ausência de respostas fechadas e incentivo à confrontação de ideias prévias, como apontam Pedro, Suzana e Estevão. Tais dinâmicas favoreceram não apenas a aprendizagem de conteúdos científicos e metacientíficos, mas também o desenvolvimento da autonomia intelectual. Apesar da avaliação majoritariamente positiva, surgiram sugestões pontuais: maior clareza nos objetivos das atividades, melhor gestão do tempo de fala dos discentes e retorno mais consistente por meio de feedbacks formativos. Essas observações não comprometem a avaliação geral, mas indicam possibilidades de aprimoramento. Em síntese, a atuação docente foi central para o desenvolvimento das aprendizagens significativas, ao criar um ambiente aberto ao pensamento crítico e à participação ativa dos estudantes no processo formativo.

A avaliação da “*Estrutura e Sequência Lógica*” da disciplina foi majoritariamente positiva, refletindo o reconhecimento explícito e implícito dos estudantes sobre a organização coerente e intencional do curso. Dos 22 estudantes, 20 classificaram-na como “*Muito Satisfatória*” (8) ou “*Satisfatória*” (12), enquanto apenas dois a consideraram “*Insatisfatória*”. Essa percepção positiva está diretamente ligada aos princípios da *diferenciação progressiva e reconciliação integrativa* de Ausubel (2003), evidenciada pelo avanço gradual dos conteúdos do geral ao específico. Já a análise das *Memórias & Reflexões* revelam duas categorias interpretativas principais que sustentam essa avaliação: primeiro, o reconhecimento da progressão histórica e temática, que permitiu aos estudantes compreender a evolução das ideias científicas dentro do contexto histórico da Física do século XIX, destacando, por exemplo, a cronologia do efeito fotoelétrico e do eletromagnetismo; segundo, a percepção da coerência e continuidade entre os tópicos, que foram apresentados como partes interligadas de um processo evolutivo do conhecimento científico, facilitando a integração conceitual e epistemológica. Embora a “*Estrutura e Sequência*” tenha sido amplamente elogiada, algumas críticas pontuais indicaram a limitação temática devido ao foco aprofundado no efeito fotoelétrico, sugerindo a inclusão de outros fenômenos para ampliar a abrangência histórica. Também foi apontada a necessidade de maior articulação curricular para evitar redundâncias, sem comprometer a revisão de conceitos fundamentais para a construção dos subsunçores cognitivos. Em suma, a disciplina apresentou planejamento e organização pedagógica alinhados à promoção de uma aprendizagem significativa e integrada.

Finalmente, a análise da categoria interpretativa “*Influência [da Disciplina] na Formação Crítica*” revelou que, embora não majoritária, uma parcela expressiva dos estudantes

manifestou, de forma clara e articulada, a valorização da História da Ciência e dos aspectos da NdC como instrumentos formativos essenciais. Para esses futuros professores, tais elementos não são meros complementos curriculares, mas fundamentos epistemológicos que qualificam o ensino de ciências e o papel docente. As reflexões expressam uma aprendizagem didático-epistemológica crítica, em que a NdC é mobilizada como ferramenta para enfrentar distorções conceituais, pseudociências e narrativas dogmáticas. Os estudantes demonstraram capacidade de integrar teoria, epistemologia e prática, formulando ideias próprias que reconhecem a complexidade e historicidade da ciência.

As contribuições mais densas emergiram em momentos específicos do semestre, especialmente nas semanas em que se discutiram distorções em livros didáticos, a crítica ao modelo hipotético-dedutivo e o papel da História da Ciência na formação docente. Destacam-se, ainda, três subênfoques: (1) a NdC como eixo crítico da formação docente; (2) a denúncia de visões reducionistas e equívocos conceituais como desafio escolar contemporâneo; e (3) a valorização da História da Ciência como ferramenta metodológica e epistemológica. Estudantes como Gabriel, Marta, Júlia, Jorge, Estevão, Suzana e Pedro apresentaram reflexões profundas e coerentes, denunciando a persistência de mitos científicos e defendendo uma formação que capacite o professor a atuar como agente crítico e transformador, consciente dos desafios socioculturais e epistemológicos que permeiam o ensino de ciências na atualidade.

### **Quais modificações devem ser implementadas em uma nova pesquisa empírica?**

Para uma nova pesquisa empírica que vise aprimorar a estrutura e a organização da disciplina História da Ciência 2023-1 (abordagem contextual explícita da história do efeito fotoelétrico e aspectos da NdC), com base em nossa experiência anterior, recomenda-se a adoção das seguintes modificações:

A sobrecarga de atividades extraclasse e os prazos reduzidos foram alvo de críticas por diversos estudantes, especialmente por se tratar de uma turma do período noturno composta por estudantes que precisam conciliar jornadas de estudo e trabalho. Embora a estrutura da disciplina tenha sido elogiada por sua coerência e progressão lógica, a intensidade das exigências, sobretudo no final do semestre, comprometeu a assimilação hierárquica dos conceitos – princípio essencial para a aprendizagem significativa. Diante dessa realidade que

se impõe, sugere-se que parte inicial de cada encontro – talvez os primeiros 60 minutos, conforme a disponibilidade de tempo – seja dedicada à leitura orientada dos textos obrigatórios, em sala de aula. Também se recomendam ajustes pontuais nos prazos de entrega de atividades e, particularmente, assegurar um intervalo mínimo de 15 dias para a preparação de seminários coletivos. Essas medidas visam promover maior equidade no acesso aos conteúdos e favorecer uma apropriação mais reflexiva, possibilitando que a construção de significados ocorra de forma compartilhada, mediada pelos docentes.

No que se refere ao conteúdo, a compreensão conceitual do efeito fotoelétrico mostrou-se essencial para uma aprendizagem significativa e contextualizada da História da Ciência. Considerando que parte dos estudantes ainda não havia estudado formalmente esse fenômeno, propõe-se, como modificação no cronograma, reservar a Semana 3 para uma aula expositivo-dialogada com ênfase histórico-conceitual, articulando os experimentos de Hertz, Lenard e Millikan, a proposta inovadora de Einstein e seus desdobramentos teóricos. Essa aula deve fornecer os subsunçores necessários para que, nas Semanas 4 (aula experimental) e 5 (análise dos livros didáticos), os estudantes possam realizar análises conceituais e críticas mais fundamentadas, ampliando a compreensão conceitual e favorecer o engajamento reflexivo dos estudantes.

Outra modificação importante consiste em ofertar a disciplina aqui desenvolvida como “**História da Ciência II**”, em caráter optativo para os cursos de licenciatura e bacharelado. Tal proposta se justifica pelo fato de que, no semestre seguinte, os estudantes da licenciatura cursam “Física Moderna I” e “Filosofia da Ciência”, o que favorece articulações produtivas entre os conteúdos. A sincronização com essas disciplinas promoverá interdisciplinaridade e a *reconciliação integrativa* entre os aspectos históricos e técnicos, enriquecendo a aprendizagem. Além disso, a manutenção da “História da Ciência I” em seu formato tradicional, com abordagem diacrônica que oferece um panorama geral da evolução científica ao longo do tempo, assegura uma base sequencial sólida. Já a “**História da Ciência II**” adotará uma abordagem sincrônica, permitirá o aprofundando conteúdos específicos, como a história do efeito fotoelétrico.

Por fim, recomenda-se que a disciplina optativa **História da Ciência II** não seja ofertada em único dia, com quatro aulas consecutivas, mesmo em turnos matutinos ou vespertinos. A análise das avaliações e reflexões discentes apontou que essa organização contribuiu para a fadiga, a queda na assiduidade e o desengajamento progressivo de parte dos estudantes, sobretudo entre as semanas de maior sobrecarga acadêmica. Embora algumas melhorias tenham sido implementadas — como intervalos e prazos mais flexíveis —, os dados

indicam que a concentração da carga horária em uma única noite comprometeu a participação ativa e a qualidade da aprendizagem. Relatos de cansaço e superficialidade nas reflexões escritas sugerem que o engajamento cognitivo nem sempre se traduziu em envolvimento comunicativo nos encontros semanais. Dessa forma, redistribuir as aulas em dois dias distintos poderá mitigar o impacto da exaustão, favorecer a assimilação dos conteúdos e estimular uma predisposição ativa mais consistentes, conforme preconiza a TAS de Ausubel (2003).

Em síntese, o resultado principal desta tese consiste na elaboração de um material historiográfico original, destinado a servir como fonte de consulta e apoio didático para professores de Física em diferentes níveis de ensino, do médio ao universitário. Nesse sentido, o trabalho mostrou-se bem-sucedido ao oferecer uma contribuição sólida para a interface entre História da Ciência e ensino de Física, promovendo uma abordagem historicamente contextualizada dos conceitos científicos. O ensaio didático desenvolvido no âmbito de uma disciplina de História da Ciência teve o propósito de validar a aplicabilidade e relevância pedagógica do material, o que foi efetivamente alcançado, ainda que sua utilização não dependa de uma filiação teórica específica — podendo dialogar com outras distintas correntes pedagógicas, como as de Paulo Freire, Bruner, Vygotsky ou Ausubel.

Com base nesses resultados, pesquisas futuras poderão investigar como diferentes referenciais teóricos e práticas pedagógicas influenciam o uso, a interpretação e o impacto formativo desse material em contextos reais de ensino. Tais estudos poderão, por exemplo, analisar como professores e licenciandos mobilizam a História da Física na construção de compreensões epistemológicas e críticas da ciência, ampliando, assim, o alcance e a potência educativa do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AAAS – AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. **Science for all Americans**. New York: Oxford University, 1990 [Tradução disponível em RUTHERFORD, F. James; AHLGREN, Andrew. **Ciência para Todos**. Trad. Catarina Caldeira Martins. Lisboa: Gradiva, 1995].
- ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L.; LEDERMAN, Norman G. The Nature of Science and instructional practice: making the unnatural natural. **Science Education**, New York, v. 82, n. 4, p. 417-436, 1998.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman G. Improving science teachers's conceptions of Nature of Science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, London, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.  
<https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- ABRANTES, Paulo C. C. A metodologia de J. C. Maxwell e o desenvolvimento da Teoria Eletromagnética. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5, n. esp., p. 58-75, 1988.
- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. A proposal to teach the Nature of Science (NOS) to science teachers: the “structuring theoretical fields” of NOS. **Review of Science, Mathematics and ICT Education**, Patras, v. 1, n. 2, p. 41-56, 2007.
- ALLCHIN, Douglas. Scientific myth-conceptions. **Science & Education**, New Jersey, v. 87, n. 3, p. 329-351, 2003. <https://doi.org/10.1002/sce.10055>.
- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 179-195, 2004. <http://doi.org/10.1023/B:SCED.0000025563.35883.e9>.
- ALLCHIN, Douglas. Evaluating knowledge of the nature of (Whole) Science. **Science Education**, New York, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Física: fundamentos cuanticos y estadísticos**. Boston: Addison Wesley Longman, 2000. v. 3.
- ALTERS, Brian J. Whose Nature of Science? **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199701\)34:1%3C39::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199701)34:1%3C39::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-P).
- ANDRADE, Rodrigo de Oliveira. Resistência à ciência. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 20, n. 284, p. 16-21, 2019. Disponível em:  
<https://revistapesquisa.fapesp.br/resistencia-a-ciencia/>. Acesso em: 10 jan. 2021
- ARRHENIUS, Svante. Über das Leitungsvermögen der phosphorescirenden Luft [Sobre a condutividade da atmosfera fosforescente]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 268, n. 12, p. 545-572, 1887. <https://doi.org/10.1002/andp.18872681203>.

ARRHENIUS, Svante. Über das Leitungsvermögen en beleuchter Luft [Sobre a condutividade do ar iluminado]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 33, p. 638, 1888.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção do Conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Rio de Janeiro: Plátano, 2003.

AZEVEDO, Nathália Helena; SCARPA, Daniela Lopes. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, 1917a. <http://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>.

AZEVEDO, Nathália Helena; SCARPA, Daniela Lopes. Decisões envolvidas na elaboração e validação de um questionário contextualizado sobre Concepções de Natureza da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 57-82, 2017b. <http://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n2p57>.

BACCIAGALUPPI, Guido; VALENTINI, Antony. **Quantum theory at the Crossroads: reconsidering the 1927 Solvay Conference**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

BALDINATO, José Otávio; PORTO, Paulo Alves. Variações da História da Ciência no Ensino de Ciências. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2008, Florianópolis. **Anais [...]**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.

BALL, Philip. **Serving the Reich**: the struggle for the soul of physics under Hitler. London: Vintage, 2014.

BALL, Philip. Einstein and Nazi physics: when science meets ideology and prejudice. **Mètode Science Studies Journal**, València, v. 10, p. 147-155, 2020. <https://doi.org/10.7203/metode.10.13472>.

BECQUEREL, Alexandre Edmond. Sur les Effets Électriques qui se Produisent sous l'Influence Solaire-Lettre [Sobre os efeitos elétricos que ocorrem sob a influência solar – carta]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 9, p. 711-713, 1839a.

BECQUEREL, Alexandre Edmond. Memoires sur les Effets d'Electriques Produits sous L'influence des Rayons Solaires [Memórias sobre os efeitos elétricos produzidos sob a influência dos raios solares]. **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences**, Paris, v. 9, p. 561-567, 1839b.

BERTOINA, João Pedro Sussel. **Problematizando o bacharelado em Física**: uma discussão da noção de docentes a respeito da Natureza da Ciência. 2020. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

BIANCOLIN, Mônica Maria. **Desvelando o professor efetivo de Física**. 2014. 344 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BICHAT, Ernest; BLONDLOTT, René. Action combinée de l'insufflation et de l'illumination sur les couches électriques qui revêtent les corps conducteurs [Ação combinada de insuflação e iluminação nas camadas elétricas que recobrem os corpos condutores]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 107, p. 29, 1888.

BLAIKIE, Norman. **Analysing quantitative data**. London: Sage Publications, 2003.

BOLTZMANN, Ludwig Eduard. Über das Wirkungsgesetz der Molekularkräfte [Sobre a lei de ação das forças moleculares]. **Wiener Berichte**, [S.l.], v. 66, p. 213-219, 1872.

BOLTZMANN, Ludwig Eduard. **Lectures on gas theory**. New York: Dover Publications, 2011 [original de 1896].

BONZEL, Hans P.; KLEINT, Christian. On the history of photoemission. **Progress in surface Science**, United Kingdom, v. 49, n. 2, p. 107-153, 1995.  
[https://doi.org/10.1016/0079-6816\(95\)00035-W](https://doi.org/10.1016/0079-6816(95)00035-W).

BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; CALUZI, João José; ASSIS, André Koch Torres; SOUZA-FILHO, Moacir Pereira. A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores: breves considerações sobre dificuldades de leitura e entendimento. *In*: GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto (org.). **A história e a filosofia da ciência no ensino de ciências: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. São Paulo: Editora Escrituras, 2016. p. 171-197.

BRANLY, Eugène Édouard Désiré. Zerstreung beider Elektrizitäten durch Belichtung [Dispersão de ambas as eletricidades pela iluminação]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 110, p. 751, 185 e 898, 1890.

BRANLY, Eugène Édouard Désiré. Zerstreung beider Elektrizitäten durch Funkenlicht [Dispersão de ambas as eletricidades pela luz de faísca]. **La Lumière Électrique**, v. 41, p. 143, 1891.

BRASIL. **Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de Física**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRASIL. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: SEMTEC/MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base – ensino médio**. Brasília, DF: SEMTEC/MEC, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Brasil no PISA 2018**. Brasília, DF: INEP/MEC, 2020. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes\\_e\\_exames\\_da\\_educacao\\_basica/relatorio\\_brasil\\_no\\_pisa\\_2018.pdf](https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf). Acesso em: 18 mar. 2024.

BROWN, James Dean. Likert items and scales of measurement? **Shiken: JALT Testing & Evaluating SIG Newsletter**, Tokyo, v. 15, n. 1, p. 10-14, 2011.

BUNGE, Mário. **La investigación científica: su estrategia y filosofía**. Barcelona: Ariel, 1969.

BUNGE, Mário. **Pseudociencia e ideología**. Madrid: Alianza, 1985.

BUNGE, Mário. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 2008 [1. ed. 1974].

BURTON, Erin Peters. Student work products as a teaching tool for nature of science pedagogical knowledge: a professional development project with in-service secondary science teachers. **Teaching and Teacher Education**, United Kingdom, v. 29, p. 156-166, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.09.005>

CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARIFIO, James; PERLA, Rocco J. Ten common misunderstandings, misconceptions, persistent myths and urban legends about Likert scales and Likert response formats and their antidotes. **Journal of Social Sciences**, New York, v. 3, n. 3, p. 106-116, 2007.

CARIFIO James; PERLA Rocco J. Resolving the 50-year Debate Around using and Misusing Likert Scales. **Medical Education**, Oxford, v. 42, n. 12, p. 1150-1152, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2008.03172.x>.

CAVALCANTE, Christian Gama. **Concepções alternativas sobre Natureza da Ciência no contexto da formação inicial de professores de Física do IFCE**. 2017. 232 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2017.

CHALMERS, Alan F. **O que é Ciência, afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHEN, Sufen. Development of an instrument to assess views on Nature of Science and attitudes toward teaching science. **Science & Education**, New Jersey, v. 90, n. 5, p. 803-819, 2006. <https://doi.org/10.1002/sce.20147>.

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné**. 2. ed. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CLASON, Dennis L.; DORMODY, Thomas J. Analyzing data measured by individual Likert-type items. **Journal of Agricultural Education**, Gainesville, v. 35, n. 4, p. 31- 35, 1994. <https://doi.org/10.5032/jae.1994.04031>.

CLOUGH, Michael P. Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective Nature of Science instruction. **Science & Education**, [S.l.], v. 15, p. 463-494, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7>.

CLOUGH, Michael P. Teaching the Nature of Science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. **The Pantaneto Forum**, United Kingdom, n. 25, 2007.

Disponível em: <http://pantaneto.co.uk/teaching-the-nature-of-science-to-secondary-and-post-secondary-students-questions-rather-than-tenets-michael-clough/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

COHEN, Louis; MANION, Laurence; MORRISON, Keith. **Research methods in education**. 5. ed. London: RoutledgeFalmer, 2000.

COMPTON, Karl Taylor. The influence of the contact difference of potential between the plates emitting and receiving electrons liberated by ultra-violet light on the measurement of the velocities of these electrons. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 23, n. 136, p. 579-593, 1912. <https://doi.org/10.1080/14786440408637249>

COMPTON, Arthur Holly. A quantum theory of the scattering of X-rays by light elements. **Physical Review** [Série 2], v. 21, n. 5, p. 483-502, 1923. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.21.483>.

COMPTON, Arthur Holly. Discordances entre l'expérience et la théorie électromagnétique du rayonnement. *In*: INSTITUT INTERNATIONAL DE PHYSIQUE SOLVAY (org.). **Électrons et photons**. Rapports et Discussions de Cinquième Conseil de Physique. Paris: Gauthier-Villars, 1928a. p. 55-85.

COMPTON, Arthur Holly. Some experimental difficulties with the electromagnetic theory of radiation. **Journal of the Franklin Institute**, v. 205, n. 2, p. 155-175. 1928b. [https://doi.org/10.1016/S0016-0032\(28\)92041-4](https://doi.org/10.1016/S0016-0032(28)92041-4).

COMPTON, Arthur Holly. X-rays as a branch of optics. **Journal of the Optical Society of America and Review of Scientific Instruments**, v. 16, p. 71-87, 1928c. <https://doi.org/10.1364/JOSA.16.000071>. [cf. THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1922-1941**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998b (Physics 1927, Arthur Holly Compton, p. 174-190)].

CONANT, James Bryant; NASH, Leonard K. (eds.). *Harvard Case Histories in Experimental Science* (Vol. 1; Vol. 2). Cambridge: Harvard University Press, 1957.

CORDEIRO, Marinês Domingues; PEDUZZI, Luiz O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 3601, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000300019>

CORNELIUS, David W. The Velocity of Electrons in the Photo-electric Effect, as a Function of the Wave Lengths of the Light. **Physical Review Journals Archive** [Series 2], Washington, v. 1, n. 1, p. 16-34, 1913. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.1.16>

CORNWELL, John. **Os cientistas de Hitler: ciência, guerra e o pacto com o demônio**. Rio de Janeiro: Imago, 2003.

CORTEZ, Jheniffer Micheline. **Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Química: ações e reflexões voltadas à compreensão e ensino sobre a Ciência**. 2019. 383 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

COSTA, Fábio Antônio; VIDEIRA, Antônio Augusto Passos. Heisenberg contra Lenard e Stark: o que há de importante na Física Ariana? **Revista Portuguesa de Filosofia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 1, p. 309-350, 2007.

CRAWFORD, Elisabeth T. **The Nobel Population 1901-1937: a census of the nominators and nominees for the prizes in Physics and Chemistry**. Berkeley: Office for History of Science and Technology, University of California, 1987.

CUPANI, Alberto Osmar; PIETROCOLA, Maurício. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. esp., p. 100-125, 2002.

CURIE, Pierre; CURIE, Marie. Sur la charge électrique des rayons déviés du radium [Sobre a carga elétrica dos raios desviáveis do rádio]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, France, v. 130, n. 10, p. 647-653, 1900.

CURIE, Pierre; SAGNAC, Georges. Électrisation négative des rayons secondaires produits au moyen des rayons Röntgen [Eletrização negativa dos raios secundários produzidos por meio dos raios Röntgen]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, France, v. 130, n. 15, p. 1.013-1.016, 1900.

DAGHER, Zoubeida R.; ERDURAN, Sibel. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 147-164, 2016.

DEBYE, Peter Josephus Wilhelmus; SOMMERFELD, Arnold Johannes Wilhelm. Theorie des lichtelektrischen Effektes vom Standpunkt des Wirkungsquantums [Teoria do efeito fotoelétrico do ponto de vista do *quantum* de ação]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 346, n. 10, p. 873-930, 1913. <https://doi.org/10.1002/andp.19133461002>.

DIONÍSIO, Paulo Henrique. Albert Einstein e a Física quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 147-164, 2005.

DORN, Friedrich Ernest. Versuche über Sekundärstrahlen [Experimentos com raios secundários]. **Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles**, La Haye, S. II, v. 5, p. 595- 608, 1900.

DORN, Friedrich Ernest. Elektrostatische Ablenkung der Radiumstrahlen [Deflexão eletrostática dos feixes de rádio]. **Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle**, Halle, v. 22, p. 46-55, 1901.

DRIVER, Rosalind; LEACH, John; MILLAR, Robin; SCOTT, Phil. **Young people's images of Science**. Philadelphia: Open University, 1996.

DURBANO, João Paulo Di Monaco. **Investigação de Concepções de Alunos de Ciências Biológicas do IB/USP acerca da Natureza da Ciência**. 2012. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia/Genética), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

DUSCHL, Richard A.; GRANDY, Richard. Two vies about explicitly teaching the nature of science. **Science & Education**, [S.l.], v. 22, n. 9, p. 2.109-2.139, 2013.

ECKERT, Michael. **Arnold Sommerfeld: Science, life and turbulent times 1868-1951**. New York: Springer, 2013.

ECKERT, Michael. From X-rays to the h-hypothesis: Sommerfeld and the early quantum theory 1909-1913. **The European Physical Journal Special Topics**, [S.l.], v. 224, n. 10, p. 2057-2073, 2015.

EFLIN, Juli T.; GLENNAN, Stuart; REISCH, George. The Nature of Science: a perspective from the Philosophy of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 1, p. 107-116, 1999.

EHRENFEST, Paul. Welche Züge der Lichtquantenhypothese spielen in der Theorie der Wärmestrahlung eine wesentliche Rolle? [Quais aspectos da hipótese dos *quanta* de luz desempenham um papel essencial na teoria da radiação térmica?]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 341-, n. 11, p. 91-118, 1911. <https://doi.org/10.1002/andp.19113411106>

EINSTEIN, Albert. Kinetische Theorie des Wärmegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik [Teoria cinética do equilíbrio térmico e da Segunda Lei da Termodinâmica]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 314, n. 10, p. 417-433, 1902. <https://doi.org/10.1002/andp.19023141007>

EINSTEIN, Albert. Eine theorie der grundlagen der thermodynamik [Uma teoria dos fundamentos da termodinâmica]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 316, n. 5, p. 170-187, 1903. <https://doi.org/10.1002/andp.19033160510>

EINSTEIN, Albert. Zur allgemeinen molekularen Theorie der Wärme [Sobre a teoria geral molecular do calor]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 319, n. 7, p. 354-362, 1904. <https://doi.org/10.1002/andp.19043190707>

EINSTEIN, Albert. Über einen dir Erzeugung und Versandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt [Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 322, n. 6, p. 132-148, 1905. <https://doi.org/10.1002/andp.19053220607>.

EINSTEIN, Albert. Zur Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption [Sobre a teoria da produção e absorção da luz]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 20, p. 199-206, 1906.

EINSTEIN, Albert. Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems. **Physikalische Zeitschrift**, v. 10, p. 185-193, 1909. (cf. EINSTEIN, Albert. **Revista Brasileira de Física**, v. 27, n. 1, p. 69-76, 2005).

EINSTEIN, Albert. Meine Antwort. Ueber die anti-relativitätstheoretische. **Berliner Tageblatt**, serie 49, n. 402, p. 1, 27 Aug. 1920.

EINSTEIN, Albert. Professor Einstein at the California Institute of Technology. **Science**, Washington, v. 73, n. 1893, p. 375-379, 1931. <https://doi.org/10.1126/science.73.1893.375>.

EINSTEIN, Albert. On a heuristic point of view concerning the production and transformation of light. In: STACHEL, John. **The collected papers of Albert Einstein**.

Tradução para o inglês de Anna Beck. Princeton: Princeton University, 1989. v. 2: The swiss years: writings, 1900-1909, cap. 14, p. 86-103

EINSTEIN, Albert. **The collected papers of Albert Einstein**. Org. Martin J. Klein, A. J. Kox, Robert Schulmann. Princeton: Princeton University, 1995. v. 5: The Swiss Years: correspondence, 1902-1914. Disponível em: <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol5-trans/41>. Acesso em: 20 jan. 2024.

EINSTEIN, Albert. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. In: STACHEL, John (org.). **O ano miraculoso de Einstein**: cinco artigos que mudaram a face da Física. Trad. Alexandre Carlos Tort. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2005. cap. 4, p. 202-222. [original de 1905].

EISBERG, Robert M.; RESNIK, Robert. **Física quântica**: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1979.

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Über die Entladung negative elektrisirter Körper durch das Sonnenund Tageslicht [Sobre a descarga de corpos eletricamente carregados pela luz solar e luz do dia]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 38, p. 40, 1889. [cf. também **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 38, p. 497, 1889]. <https://doi.org/10.1002/andp.18892741202>

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Über die durch Soonenlicht bewirkte electrische Zerstreuung von mineralischen Oberflächen [Sobre a dispersão elétrica causada pela luz solar em superficies minerais]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 44, p. 722-736, 1891a. <https://doi.org/10.1002/andp.18912801210>.

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Notiz über eine neue Form der Apparate zur Demonstration der lichtelectrischen Entladung durch Tageslicht [Nota sobre uma nova forma de aparelho para a demonstração da descarga fotoelétrica através da luz do dia]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 278, n. 4, p. 564-567, 1891b. <https://doi.org/10.1002/andp.18912780405>

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Beobachtungen des atmosphärischen Potentialgefälles und der ultravioletten Sonnenstrahlung [Observações do gradiente de potencial atmosférico e da radiação ultravioleta solar]. **Sitzungsbericht der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien**, Wien, v. 101, n. IIa, p. 703-856, 1892. [cf. também **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 284, , n. 2, p. 338-173, 1893]. <https://doi.org/10.1002/andp.18932840209>.

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Weitere Lichtelectrische Versuche [Outras experiências fotoelétricas]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 288, n. 7, p. 433-454, 1894. <https://doi.org/10.1002/andp.18942880702>.

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Lichtelectrische Untersuchungen an polarisirtem Lichte [Investigações fotoelétricas com luz polarizada]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 291, n. 8, p. 684-700, 1895. <https://doi.org/10.1002/andp.18952910811>.

ELSTER, Julius Johann Philipp; GEITEL, Hans Friedrich Karl. Über den Einfluß des Polarisationszustandes des erregenden Lichtes auf die Elektronenemission an Alkalimetallflächen [Sobre a influência do estado de polarização da luz excitante na emissão de elétrons em superfícies de metais alcalinos]. **Physikalische Zeitschrift**, v. 10, p. 457-462, 1909.

FERNÁNDEZ, Isabel; GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3962>.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2011 [1. ed. 1975].

FERREIRA, Alexandre de Oliveira. Heisenberg e a doutrina das cores de Goethe e Newton. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 175-206, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662015000100008>

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **A Natureza da Ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 442 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FRANKLIN, Allan. Millikan's measurement of Planck's constant. **The European Physical Journal H**, [S.l.], v. 38, p. 573-594, 2013. <https://doi.org/10.1140/epjh/e2013-40021-3>  
FRANKLIN, Allan. Physics textbooks don't always tell the truth. **Physics in Perspective**, [S.l.], v. 18, p. 3-57, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00016-016-0178-z>.

FRICKE, Rudolf G. A. Günther & Tegetmeyer 1901-1958: Instrumente für die Wissenschaft aus Braunschweig. Wolfenbüttel: A-F Verlag, 2011.

FRICKE, Rudolf G. A.; SCHLEGEL, Kristian. Julius Elster and Hans Geitel: dioscuroi of Physics and pioneer investigators in atmospheric electricity. **History of Geo Space Sciences**, Göttingen, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.5194/hgss-8-1-2017>.

FRIEDMAN, Robert Marc. The 100<sup>th</sup> anniversary of Einstein's Nobel Prize: facts and fiction. **Annalen der Physik**, Berlin, v. 534, n. 11, p. 2200305, 2022. <https://doi.org/10.1002/andp.202200305>.

GALDABINI, Silvana; GIULIANI, Giuseppe; ROBOTTI, Nadia. Photoelectricity within Classical Physics: from the photocurrents of Edmond Becquerel to the first measure of the electron charge. **Conference Proceedings-Italian Physical Society**, Italy, v. 42, p. 149-156, 1992.

GATTI, Sandra Regina Teodoro. **Análise de uma ação didática centrada na utilização da História da Ciência**: uma contribuição para a formação inicial do docente de Física. 2005. 329 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GIBBS, Josiah Willard. **Elementary principles in statistical mechanics**: developed with especial reference to the rational foundation of thermodynamics. New York: Charles Scribner's Sons, 1902.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.  
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>

GONZALES, Eliéverson Guerchi; SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; CALUZI, João José. Discutindo as epistemologias de Thomas Kuhn e Ludwik Fleck: uma análise sobre o efeito fotoelétrico. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, v. 34, n. extra, p. 221-29, 2022.

HAAS, Arthur Erich. Über die elektrodynamische Bedeutung des Planck'schen Strahlungsgesetzes und über eine neue Bestimmung des elektrischen Elementarquantums und der Dimensionen des Wasserstoffatoms [Sobre o significado eletrodinâmico da lei de radiação de Planck e uma nova determinação do *quantum* elétrico elementar e das dimensões do átomo de hidrogênio]. **Physikalische Zeitschrift**, Deutschland, v. 11, p. 119-144, 1910a.

HAAS, Arthur Erich. Über eine neue theoretischer Methode zur Bestimmung des elektrischen Elementarquantums und des Halbmessers des Wasserstoffatoms [Sobre um novo método teórico para a determinação do *quantum* elétrico elementar e do semirraio do átomo de hidrogênio]. **Physikalische Zeitschrift**, Deutschland, v. 11, p. 537-538, 1910b.

HAAS, Arthur Erich. Der erste Quantenansatz für das Atom. **Dokumente der Naturwissenschaft**, Stuttgart, v. 10, p. 9, 1965.

HACKING, Ian. **Representar e intervir**: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

HALLIDAY, David; RESNIK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: óptica e física moderna. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 4.

HALLWACHS, Wilhelm Ludwig Franz. Ueber den Einfluss des Lichtes auf electrostatisch geladene Körper [Sobre a influência da luz em corpos eletrostaticamente carregados]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 33, p. 301-312, 1888a.  
<https://doi.org/10.1002/andp.18882690206>.

HALLWACHS, Wilhelm Ludwig Franz. Ueber die Electricirung von Metallplatten durch Bestrahlung mit Electricischem Licht [Sobre a eletrização de placas metálicas por irradiação com luz elétrica]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 34, p. 731-734, 1888b.  
<https://doi.org/10.1002/andp.18882700809>.

HALLWACHS, Wilhelm Ludwig Franz. On the electrification of metal plates by irradiation with electrical light. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 26, n. 58, p. 78-80, 1888c.  
<https://doi.org/10.1080/14786448808628240>.

HALLWACHS, Wilhelm Ludwig Franz. Bemerkungen zu einem Prioritätsanspruch des Hrn. Righi. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 276, n. 6, p. 338-342, 1890. <https://doi.org/10.1002/andp.18902760609>.

HARPE, Spencer E. How to analyze Likert and other rating scale data. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, United States, v. 7, p. 836-850, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.001>.

HEILBRON, John L. Quantum historiography and the Archive of History of Quantum Physics. **History of Science**, London, v. 7, n. 1, p. 90-111, 1968. <https://doi.org/10.1177/00732753680070010>.

HEISENBERG, Werner. **A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política**. Trad. Vera Ribeiro. São Paulo: Contraponto, 1996.

HELMHOLTZ, Hermann Ludwig Ferdinand von. Electromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung [Teoria eletromagnética da dispersão de cores]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 284, n. 3, p. 389-405, 1893.

HENNINGS, Albert E. A study of contact potentials and photo-electric properties of metals in vacuo: and the mutual relation between these phenomena. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 4, n. 3, p. 228-246, 1914. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.4.228>.

HENNINGS, Albert E.; KADESCH, William Henry. The relations of the photo-potentials assumed by different metals when stimulated by light of a given frequency. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 8, n. 3, p. 209-220, 1916. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.8.209>

HENTSCHEL, Klaus. **Physics and national socialism: an anthology of primary sources**. Trad. Ann M. Hentschel. Basel: Birkhäuser, 1996.

HERMANN, Armin. **The genesis of quantum theory (1899-1913)**. Cambridge: MIT, 1971.

HERTWIG, Ralph; TODD, Peter M. Heuristics. In: RAMACHANDRAN, Vilayanur S. (org.). **Encyclopedia of the Human Brain**. San Diego: Academic, 2002. v. 2, p. 449-460.

HERTZ, Heinrich Rudolf. Über einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung [Sobre um efeito da luz ultravioleta em descargas elétricas]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 267, n. 8, p. 983-1000, 1887. <https://doi.org/10.1002/andp.18872670827>.

HERTZ, Heinrich Rudolf. **Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft** [Ondas elétricas: pesquisas sobre a propagação da ação elétrica com velocidade finita através do espaço]. Leipzig: J. A. Barth, 1892. [cf. tradução no inglês de Daniel Evan Jones, Electric waves, being researches on the propagation of electric action with finite velocity through space].

HERTZ, Heinrich Rudolf. Über einen Einfluss der ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung [Sobre um efeito da luz ultravioleta em descargas elétricas]. In: MULLIGAN, Joseph Francis. **Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894): a collection of articles and addresses**. New York: Routledge: 1994. p. 247-264.

HODSON, Derek. Nature of Science in the Science Curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. *In*: MATTHEWS, Michael R. (org.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 911-970.

HODSON, Derek; WONG, Siu Ling. From the Horse's Mouth: why scientists' views are crucial to Nature of Science understanding. **International Journal of Science Education**, London, v. 36, n. 16, p. 2.639-2.665, 2014. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.927936>

HOLTON, Gerald. R. A. Millikan's struggle with the meaning of Planck's constant. **Physics in Perspective**, [S.l.], v. 1, p. 231-237, 1999. <https://doi.org/10.1007/s000160050020>.

HOOR, Max von. Einfluß des Lichtes auf negativ geladene Konduktoren. **Wiener Berichte**, v. 97, p. 719-742, 1888.

HOOR, Max von. **Repertorium der Physik [...]**. München: Oldenburg, 1889. v. 25: Repertorium für Experimental-Physik, für Physikalische Technik, Mathematische [und] Astronomische Instrumentenkunde. p. 91.

HUGHES, Arthur Llewelyn. On the emission velocities of photoelectrons. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, United Kingdom, v. 212, p. 205-226, 1912.

HUGHES, Arthur Llewelyn. LXIX. On the velocities with which photo-electrons are emitted from matter. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 25, p. 683-686, p. 1913. <https://doi.org/10.1080/14786440508637382>

HUGHES, Arthur Llewelyn. **Photo-electricity**. Cambridge: Cambridge University, 1914.

HULL, Albert Wallace. Die Anfangsgeschwindigkeiten der durch ultraviolettes Licht erzeugten Elektronen. **Physikalische Zeitschrift**, v. 10, p. 537-546, 1909.

IRZIK, Gürol; NOLA, Robert. A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. **Science & Education**, [S.l.], v. 20, p. 591-607, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>.

IRZIK, Gürol; NOLA, Robert. New directions for Nature of Science Research. *In*: MATTHEWS, Michael R. (org.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 999-1022.

INNES, P. D. On the velocity of the cathode particles emitted by various metals under the influence of röntgen rays, and its bearing on the theory of atomic disintegration. **Proceedings of the Royal Society of London. Série A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 79, n. 532, p. 442-462, 1907. <https://doi.org/10.1098/rspa.1907.0056>

JAMES, A. N. Photoelectric effect: a common fundamental error. **Physics Education**, United Kingdom, v. 8, n. 6, p. 382-384, 1973. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/8/6/005>

JAMIESON, Susan. Likert Scale: how to (ab)use them. **Medical Education**, Oxford, v. 38, n. 12, p. 1217-1218, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2004.02012.x>

JAMMER, Max. **The conceptual development of quantum mechanics**. New York: MacGraw-Hill, 1966.

JAYADINATA, Asep Kurnia; HAKAM, Kama Abdul; MUNANDAR, Achmad. Investing student of primary school teachers' Views on Science and Education in Indonesia. **International Conference on Mathematics and Science Education**, Bandung, v. 4, p. 1-8, 2019.

JEANS, James Hopwood. On the partition of energy between matter and Aether. **The London, Edinburg, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 10, n. 55, p. 91-98, 1905. <https://doi.org/10.1080/14786440509463348>

JENKIN, John. G. E. M. Jauncey and the Compton Effect. **Physics in Perspectives**, v. 4, p. 320-332, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00016-002-8371-7>.

JOFFÉ, Abram Fedorovich. Eine Bemerkung zu der Arbeit von E. Ladenburg: Über Anfangsgeschwindigkeit und Menge der photoelektrischen Elektronen usw. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 329, n. 15, p. 939-940, 1907. <https://doi.org/10.1002/andp.19073291507>

KADESCH, William Henry. The energy of photo-electrons from sodium and potassium as a function of the frequency of the incident light. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 3, n. 5, p. 367-374, 1914a. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.3.367>.

KADESCH, William Henry. The positive potential in the photo-electric effect. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 3, n. 1, p. 63-64, 1914b. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.3.63.2>.

KADESCH, William Henry; HENNINGS, Albert E. The value of  $h$  determined photo-electrically from the ordinary metals. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 8, n. 3, p. 221-226, 1916. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.8.221>

KATZIR, Shaul. Thermodynamic deduction versus quantum revolution: the failure of Richardson's Theory of the Photoelectric Effect. **Annals of Science**, United Kingdom, v. 63, n. 4, p. 447-469, 2006. <https://doi.org/10.1080/00033790600787417>

KATZIR, Shaul. Theoretical Challenges by Experimental Physics: Radiation and Its Interaction with Matter. In: **Traditions and Transformations in the History of Quantum Physics: HQ-3: Third International Conference on the History of Quantum Physics, Berlin, June 28 – July 2, 2010**. Berlin: Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, 2013. <https://doi.org/10.34663/9783945561225-03>

KLASSEN, Stephen. The photoelectric effect: reconstructing the story for the physics classroom. **Science & Education**, [S.l.], v. 20, n. 7-8, p. 719-731, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9214-6>. [cf. KLASSEN, Stephen. The photoelectric effect: Rehabilitating the story for the physics classroom. In: **Science & Education: Proceedings of the Second International Conference on Story in Science Teaching**, p. 1-17, 2008].

KLASSEN, Stephen; NIAZ, Mansoor; METZ, Don; McMILLAN, Barbara; DIETRICH, Sarah. Portrayal of the History of the Photoelectric Effect in Laboratory Instructions. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 720-743, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9360-5>

KLEIN, Martin Jesse. Max Planck and the beginnings of quantum theory. **Archive for History of Exact Sciences**, [S.l.], v. 1, n. 5, p. 459-479, 1962.

KLEIN, Martin Jesse. Einstein's first paper on quanta. **The Natural Philosopher**, New York, v. 2, p. 59-86, 1963.

KLEIN, Martin Jesse. Thermodynamics in Einstein's thought. **Sciences**, Washington, v. 157, n. 3788, p. 509-516, 1967. <https://doi.org/10.1126/science.157.3788.509>.

KLEIN, Martin Jesse. The use and abuse of historical teaching in physics. *In*: BRUSH, Stephen G.; KING, Allan L. **History in the Teaching of Physics**. Hanover: University Press of New England: Hanover, 1972; p. 12–18.

KLEIN, Martin Jesse. No firm foundation: Einstein and the early quantum theory. *In*: WOOLF, Harry (org.). **Some strangeness in the proportion: a centennial symposium to celebrate the achievements of Albert Einstein**. Reading: Addison-Wesley, 1980. p. 161-185.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos de história do pensamento científico**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1982.

KRAGH, Helge Stjernholm. **An introduction to the Historiography of Science**. New York: Cambridge University, 1987.

KRAGH, Helge Stjernholm. A sense of history: history of science and the teaching of introductory quantum theory. **Science & Education**, [S.l.], v. 1, n. 4, p. 349-363, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF00430962>.

KRAGH, Helge Stjernholm. **Before Bohr: theories of atomic structure 1850-1913**. Aarhus: Centre for Science Studies, University of Aarhus; Research Publications on Science Studies, 2010.

KRAGH, Helge Stjernholm. **Photon: new light on an old name**. [S.l.: S.n.]: 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1401/1401.0293.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

KROGH, Lars B.; NIELSEN, Keld. Introduction: how science works: and how to teach it. **Science Education**, New York, v. 22, n. 9, p. 2055-2065, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9582-9>.

KUHN, Thomas Samuel. Objectivity, value judgment and theory choice. *In*: KUHN, Thomas Samuel. **The essential tension: selected studies in the scientific tradition and charge**. Chicago: University of Chicago, 1977.

KUHN, Thomas Samuel. **Black-body theory and the quantum discontinuity (1894-1912)**. Chicago: The University of Chicago, 1978.

KUHN, Thomas Samuel. **A função do dogma na investigação científica**. Org. Eduardo Barra. Trad. Jorge Dias de Deus. Curitiba: UFPR/SCHLA, 2012 [1. ed. 1963]. Disponível em: <http://goo.gl/suIX3Z>. Acesso em: 4 set. 2023.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013 [1. ed. 1962].

KUNZ, Jakob. On the initial velocity of electrons as a function of the wavelength in the photoelectric effect. **Physical Review Journals Archive** [Series I], Washington, v. 31, p. 536-544, 1910. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSeriesI.31.536>

KUNZ, Jakob. On the positive potential of metals in the photoelectric effect and the determination of the wave-length equivalent of Roentgen rays. **Physical Review Journals Archive** [Series I], Washington, v. 33, p. 208-214, 1911c. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSeriesI.33.208>

LACEY, Hugh. **Is Science value free?** Values and scientific understanding. London: Routledge, 2005.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica 1**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2008.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica 2**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2010.

LADENBURG, Erich Robert. Untersuchungen über die entladende Wirkung des ultravioletten Lichtes auf negativ geladene Metallplatten im Vakuum [Investigações sobre o efeito descarregador da luz ultravioleta em placas metálicas carregadas negativamente no vácuo]. **Annalen der Physik**, v. 317, n. 11, p. 558-578, 1903.

LADENBURG, Erich Robert. Über Anfangsgeschwindigkeit und Menge der photoelektrischer Elektronen in ihrem Zusammenhange mit der Wellenlänge des auslösenden Lichtes [Sobre a velocidade inicial e a quantidade de elétrons fotoelétricos em sua relação com o comprimento de onda da luz desencadeadora]. **Physikalische Zeitschrift**, Deutschland, v. 8, p. 590-594, 1907. [cf. também **Berichte der Deutschen Physikalischen Gesellschaft Verhandlungen**, Deutschland, v. 9, p. 504-515, 1907].

LADENBURG, Erich Robert; MARKAU, Karl. Über die Anfangsgeschwindigkeiten lichtelektrischer Elektronen [Sobre as velocidades iniciais dos elétrons fotoelétricos]. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**, v. 10, p. 562, 1908. (Também publicado em **Physikalische Zeitschrift**, v. 9, p. 821-828, 1908).

LADENBURG, Rudolf Walter von. Die neueren Forschungen über die durch Licht- und Röntgenstrahlen hervorgerufene Emission negativer Elektronen [As pesquisas mais recentes sobre a emissão de elétrons negativos provocada por raios de luz e raios-X]. **Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik**, v. 6, n. 4, p. 426-484, 1909.

LAWSON, Anton. E. The generality of hypothetico-deductive reasoning: making scientific thinking explicit. **The American Biology Teacher**, Washington, DC, v. 62, n. 7, p. 482-495, 2000. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2000\)062\[0482:TGOHDR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2000)062[0482:TGOHDR]2.0.CO;2)

LEDERMAN, Norman G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>

LEDERMAN, Norman G. Nature of science: past, present, and future. *In*: ABELL, Sandra K.; LEDERMAN, Norman G. **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-880.

LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, Renée S. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>

LEDERMAN, Norman G.; BARTOS, Stephen A.; LEDERMAN, Judith. The development, use, and interpretation of Nature of Science assessments. *In*: MATHEWS, Michael R. (org.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 971-997. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8\\_29](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_29).

LENARD, Philipp Eduard Anton von. Erzeugung von Kathodenstrahlen durch Ultraviolettes Lichts [A Produção de Raios Catódicos por Luz Ultravioleta]. **Sitzungsbericht der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien – Mathematisch-Naturwissenschaftliche**, Wien, v. 108, 1889. [cf. também **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 307, n. 6, p. 359-375, 1900a. <https://doi.org/10.1002/andp.19003070611>.

LENARD, P. E. A. von, Ueber Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf gasförmige Körper. **Annalen der Physik**, v. 306, n. 3, p. 486-507, 1900b.

LENARD, P. E. A. von, Ueber die Elektrizitätszerstreuung in ultraviolet durchstrahlter Luft. **Annalen der Physik**, v. 308, n. 10, p. 298-319, 1900c.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. Über die Lichtelektrische Wirkung [Sobre o efeito fotoelétrico]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 313, n. 5, p. 149-198, 1902. <https://doi.org/10.1002/andp.19023130510>.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. Über die Beobachtung langsamer Kathodenstrahlen mit Hilfe der Phosphoreszenz und über Sekundärentstehung von Kathodenstrahlen [Sobre a observação de raios catódicos lentos por meio da fosforescência e na formação secundária de raios catódicos]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 317, n. 11, p. 449 -490, 1903a. <https://doi.org/10.1002/andp.19033171102>.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. Über die Absorption von Kathodenstrahlen verschiedener Geschwindigkeit [Sobre a absorção de raios catódicos de diferentes velocidades]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 317, n. 12, p. 714-744, 1903b. <https://doi.org/10.1002/andp.19033171203>.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. **Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten** [Quantidades sobre raios catódicos de todas as velocidades]. Heidelberg: Carl Winter, 1918.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. *Deutsche Physik in vier Bänden*. Erster Band: Einleitung und Mechanik. Munich: J. F. Lehmann, 1936. p. IX-XV.

LENARD, Philipp Eduard Anton von. On cathode rays. In: THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1901-1921**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998. Cap. 5, p. 98-135. [original de 1906].

LENARD, Philipp Eduard Anton von; RAMSAUER, Carl. Über die Wirkung sehr Kurzwelligen Ultravioletten Lichtes auf Gase and über eine sehr Reiche Quelle dieses Lichtes [Sobre o efeito da luz ultravioleta de ondas curtas em gases e sobre uma fonte muito rica dessa luz]. **Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften – Mathematisch-Naturwissenschaftliche**, Heidelberg, seção 24, n. 47, p. 5-8, 1911.

LENARD, Philipp Eduard Anton von; STARK, Johannes. Hitlergeist und Wissenschaft. **Grossdeutsche Zeitung. Tageszeitung für nationale und soziale Politik und Wirtschaft**, v. 1, n. 81, Thursday, May 8, p. 1-2, 1924.

LENARD, Philipp Eduard Anton von; WOLF, Max. Zerstäuben der Körper Durch das Ultraviolette Licht [Pulverização dos corpos pela luz ultravioleta]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 273, n. 7, p. 443-456, 1889. <https://doi.org/10.1002/andp.18892730706>.

LEWIS, Gibert Newton. The conservation of photons. **Nature**, [S.I.], v. 118, p. 874-875, 1926. <https://doi.org/10.1038/118874a0>.

LIANG, Ling L.; CHEN, Sufen; XIAN, Chian; KAYA, Osman Nafiz. Assessing preservice elementary teachers' views on the Nature of Scientific Knowledge: a dual-response instrument. **Asia-Pacific Forum on Science Learnin and Teaching**, Hong Kong, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2008.

LLOYD, David R. What was measured in Millikan's study of the photoelectric effect? **American Journal of Physics**, United States, v. 83, n. 9, p. 765-772, 2015. <http://dx.doi.org/10.1119/1.4928173>.

LIMA, Nathan Willig; JUNIOR, Estevão Antunes; OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Claudio. Uma análise bakhtiniana dos enunciados sobre o efeito fotoelétrico em livros didáticos do ensino superior. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 1.947-1.951, 2017.

LINDEMANN, Frederick Alexander. Über die Berechnung der Energiefrequenzen der Elektronen im selektiven Photoeffekte [Sobre o cálculo das frequências naturais dos elétrons no efeito fotoelétrico seletivo]. **Berichte der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**, Braunschweig, v. 13, p. 482, 1911.

LIVINGSTON, Dorothy Michelson. **The master of light: a biography of Albert Michelson**. New York: Scribner, 1973.

LORENTZ, Hendrik Antoon. Die Hypothese der Lichtquanten [A hipótese dos *quanta* de luz]. **Physikalische Zeitschrift**, Deutschland, v. 11, p. 349-354, 1910a.

LORENTZ, Hendrik Antoon. Alte und neue Fragen der Physik [Velhos e novos problemas da Física]. **Physikalische Zeitschrift**, Deutschland, v. 11, p. 1.234-1.257, 1910b.

LUKIRSKY, Pavel.; PRILEŽAEV, Sergey. Über den normalen photoeffekt. **Zeitschrift für Physik**, Leningrado, v. 49, p. 236-258, 1928. <https://doi.org/10.1007/BF01340480>

MACH, Ernest. On thought experiments. *In*: MACH, Ernest; Hiebert, Erwin Nick. **Knowledge and Error: sketches on the psychology of enquiry** (Vienna Circle Collection, vol 3.). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1976, Cap. XI, p. 134-147. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-1428-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-010-1428-1_11).

MANGILI, Arthur Issa. Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a História da Ciência na sala de aula. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, São Paulo, v. 6, p. 32-48, 2012.

MARTINS, André Ferrer Pinto. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200011>.

MARTINS, Roberto de Andrade. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 3-5, 1990. Disponível em: <https://www.ghtc.usp.br/server/pdf/ram-42.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MARTINS, Roberto de Andrade. A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 20, n. 24, p. 373-391, 1998.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como não escrever sobre História da Física: um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 113-128, 2001.

MARTINS, Roberto de Andrade; ROSA, Pedro Sérgio. **História da Teoria Quântica: a dualidade onda-partícula de Einstein a De Broglie**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Cibelle Celestino; PRESTES, Maria Elice Brzezinski. History and Philosophy of Science in Science Education, in Brazil. *In*: MATTHEWS, Michael R. (org.). **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 2.271-2.300.

MASSONI, Neusa Teresinha. **Estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de Física**. 2005. 275 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MATTHEWS, Michael R. **Science teaching**: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.

MATTHEWS, Michael R. Changing the focus: from Nature of Science (NoS) to Features of Science (FoS). *In*: KHINE, Myint Swe (org.). **Advances in Nature of Science research**: concepts and methodologies. New York: Springer, 2012. p. 3-27.

MATTOS, Mariana Silva de Mello; SILVA, Edson Pereira. Natureza da Ciência (NdC): uma revisão dos artigos sobre o tema na pesquisa em ensino de biologia no Brasil. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 1-24, 2022.

MAXWELL, James Clerk. **A treatise on electricity and magnetism**. Oxford: Clarendon Press, 1873.

MAXWELL, James Clerk. **The scientific papers of James Clerk Maxwell**. New York: Dover Publication, 1965. v. 1, p. 451.

MCCOMAS, William F. Ten myths of Science: reexamining what we think we know about the Nature of Science. **School Science and Mathematics**, [S.l.], v. 96, n. 1, p. 10-16, 1996. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1996.tb10205.x>.

MCCOMAS, William F. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. *In*: MCCOMAS, William F. (org.). **The Nature of Science in Science Education**: rationales and strategies. Dordrecht: Springer, 1998. p. 53-70. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5_3).

MCCOMAS, William F. Keys to teaching the nature of science. **Science Teacher**, [S.l.], v. 71, n. 9, p. 24-27, 2004. <https://www.jstor.org/stable/24155554>.

MCCOMAS, William F.; CLOUGH, Michael P.; ALMAZROA, Hiya. The role and character of the Nature of Science in Science Education. *In*: MCCOMAS, William F. (org.). **The Nature of Science in Science Education**: rationales and strategies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 3-39. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5_1).

MCCOMAS, William F.; OLSON, Joanne K. The Nature of Science in international science education standards documents. *In*: MCCOMAS, William F. (org.). **The Nature of Science in Science Education**: rationales and strategies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 41-52. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47215-5_2)

MCCORMMACH, Russel. Henri Poincaré and the quantum theory. **Isis**, [S.l.], v. 58, n. 1, p. 37-55, 1967.

MEHRA, Jagdish. **The solvay conferences on Physics**: aspects of the development of Physics Since 1911. Netherlands: Springer, 2012 [1. ed. 1975].

MEHRA, Jagdish; RECHENBERG, Helmut. **The historical development of quantum theory**. New York: Springer, 1982. v. 1, parte 1: The quantum theory of Planck, Einstein, Bohr and Sommerfeld: its foundation and the rise of its difficulties 1900-1925.

MELO, Marlene Rios; NETO, Edmilson Gomes de Lima. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 112-122, 2013.

MERRITT, Ernest George. The influence of light upon the discharge of electrified bodies I. **Science**, New York, v. 4, n. 102, p. 853-865, 1986a. <https://doi.org/10.1126/science.4.102.853>.

MERRITT, Ernest George. The influence of light upon the discharge of electrified bodies II. **Science**, New York, v. 4, n. 103, p. 890-900, 1986b. <https://doi.org/10.1126/science.4.103.890>.

MERRITT, Ernest George; STEWART, Oscar Minton. The development of cathode rays by ultraviolet light. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 11, n. 4, p. 230-250, 1900.

MERTON, Robert King. **Social theory and social structure**. 2.ed. New York: Free Press, 1968.

MILLIKAN, Robert Andrews. Some new values of the positive potentials assumed by metals in a high vacuum under the influence of ultra-violet light. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 30, n. 2, p. 287-288, 1910.

MILLIKAN, Robert Andrews. On the cause of the apparent differences between spark and arc sources in the imparting of initial speeds to photoelectrons. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 1, n. 1, p. 60-84, 1913a.

MILLIKAN, Robert Andrews. Atomic theories of radiation. **Science**, New York, v. 37, n. 943, p. 119-133, 1913b.

MILLIKAN, Robert Andrews. A direct determination of “*h*”. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 4, n. 1, p. 73-75, 1914. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.4.73.2>.

MILLIKAN, Robert Andrews. Einstein’s photoelectric equation and contact electromotive force. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 7, n. 1, p. 18-32, 1916a. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.7.18>.

MILLIKAN, Robert Andrews. Quantum relations in photo-electric phenomena. **National Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 2, n. 2, p. 78-83, 1916b.

MILLIKAN, Robert Andrews. A direct photoelectric determination of Planck’s “*h*”. **Physical Review**, United States, v. 7, n. 3, p. 355-388, 1916c. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.7.355>.

MILLIKAN, Robert Andrews. **The electron, its isolation and measurement and the determination of some of its properties**. 1. ed. Chicago: The University of Chicago, 1917 [2. ed. 1924]. Disponível em: <https://archive.org/details/electronitsisola00mill/page/238/mode/2up>. Acesso em: 4 set. 2023.

MILLIKAN, Robert Andrews. The distinction between intrinsic and spurious contact E.M.F.s and the question of the absorption of radiation by metals in quanta. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 18, n. 3, p. 236-244, 1921. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.18.236>.

MILLIKAN, Robert Andrews. **Electron (+ or -), protons, photons, neutrons and cosmic rays**. Chicago: University of Chicago, 1935.

MILLIKAN, Robert Andrews. **The autobiography of Robert A. Millikan**. New York: Prentice-Hall, 1950.

MILLIKAN, Robert Andrews. The electron and the light-quant from the experimental point of view. *In*: THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1922-1941**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998. cap. 2, p. 54-66 [original de 1924].

MILLIKAN, Robert Andrews; GALE, Henry Gordon. **A first course in Physics**. Boston: Ginn, 1906.

MILLIKAN, Robert Andrews; SOUDER, Wilmer Henry. Effect of residual gases on contact E.M.F.'s and photo-currents. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 4, n. 1, p. 73, 1914. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.4.73>.

MILLIKAN, Robert Andrews; SOUDER, Wilmer Henry. Experimental evidence for the essential identity of the selective and normal photoelectric effect. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, United States, v. 2, n. 1, p. 19-24, 1916. <https://doi.org/10.1073/pnas.2.1.19>.

MILLIKAN, Robert Andrews; WINCHESTER, George. The influence of temperature upon photoelectric effects in a very high vacuum, and the order of photoelectric sensitiveness of the metals. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 14, n. 79, p. 188-2010, 1907. <https://doi.org/10.1080/14786440709463670>.

MILLIKAN, Robert Andrews; WRIGHT, James Remus. The effect of prolonged illumination on photoelectric discharge in a high vacuum. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 34, n. 1, p. 62-80, 1912.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa**. São Paulo: LF, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2014.

MOSSE, George Lachmann. **Nazi culture: intellectual, cultural, and social life in the Third Reich**. New York: Grosset & Dunlap, 1966.

MOURA, Breno Arsioli. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MULLIGAN, Joseph Francis. **Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894):** a collection of articles and addresses. New York: Routledge, 1994.

MULLIGAN, Joseph Francis. F. Heinrich Hertz and Philipp Lenard: two distinguished physicists, two disparate men. **Physics in Perspective**, [S.l.], v. 1, p. 345-366, 1999. <https://doi.org/10.1007/s000160050027>.

NIAZ, Mansoor; KLASSEN, Stephen; McMILLAN, Barbara; METZ, Don. Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications of general physics textbooks. **Science & Education**, New Jersey, v. 94, n. 5, p. 903-931, 2010. <https://doi.org/10.1002/sce.20389>.

NISIO, Sigeko. The formation of the Sommerfeld quantum theory of 1916. **Japanese Studies in the History of Science**, London, v. 12, p. 39-78, 1973.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica**. 4. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002. v. 2: Fluidos, oscilações & ondas e calor.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica: ótica, relatividade e física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014. v. 4.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de. **Natureza da Ciência por meio de narrativas históricas:** os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX. 2019. 232 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

OLPIN, Arthur R. Method of enhancing the sensitiveness of alkali metal photoelectric cells. **Physical Review**, v. 36, n. 2, p. 251-295, 1930. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.36.251>

OSBORNE, Jonathan; COLLINS, Sue; RATCLIFFE, Mary; MILLAR, Robin; DUSCHL, Rick. What “ideas about-science” should be taught in school science? a Delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>.

PAGE, Leigh. The photoelectric effect. **American Journal of Science**, new Haven, v. 36, n. 215, p. 501-508, 1913. Disponível em: <https://archive.org/details/americanjourna4361913newh/page/n7/mode/2up>. Acesso em: 25 jan. 2024.

PASCO®. **Photoelectric effect apparatus:** Model SE-6609. Instruction Manual 012-13943B. Roseville: 2020. Disponível em: [https://cdn.pasco.com/product\\_document/Photoelectric-Effect-Apparatus-Manual.pdf](https://cdn.pasco.com/product_document/Photoelectric-Effect-Apparatus-Manual.pdf). Acesso em: 29 jan. 2023.

PASSON, Oliver. The quasi-history of early quantum theory. **Physics**, v. 4, n. 3, p. 880-891, 2022. <https://doi.org/10.3390/physics4030057>.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; RAICIK, Anabel Cardoso. Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; RAICIK, Anabel Cardoso. De Mach ao ‘novo experimentalismo’: um resgate histórico-epistemológico de experimentos de pensamento. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 14, n. 2, p. 209-234, 2021. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v14i2.153>

PEREIRA, Felipe Prado Corrêa; GURGEL, Ivã. O ensino da Natureza da Ciência como forma de resistência aos movimentos anticência: o realismo estrutural como contraponto ao relativismo epistêmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 3, p. 1.278-1.319, 2020.

PERRIN, Jean Baptiste. Nouvelles propriétés des rayons cathodiques. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 121, p. 1130-1134, 1895.

PERRIN, Jean Baptiste. New experiments on the cathode rays. **Nature**, v. 53, p. 298-299, 1896. [Traduzido de um artigo previamente publicado em Academia de Ciências de Paris, em 30 dezembro de 1895].

PIMENTEL, Jonald L. A note on the usage of Likert Scaling. **USM R&D Journal**, Mindanao, v. 18, n. 2, p. 109-112, 2010.

PLANCK, Max Karl Ernst Ludwig. Über eine Verbesserung der Wien'schen Spektralgleichung [Sobre uma melhoria da equação espectral de Wien]. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**, Augsburg, v. 2, p. 202-204, 1900a.

PLANCK, Max Karl Ernst Ludwig. Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspectrum [Sobre a teoria da lei de distribuição de energia no espectro normal]. **Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**, Augsburg, v. 2, p. 237-245, 1900b.

PLANCK, Max Karl Ernst Ludwig. Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum [Sobre a lei da distribuição de energia no espectro normal]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 4, p. 553-563, 1901. <https://doi.org/10.1002/andp.19013090310>.

PLANCK, Max Karl Ernst Ludwig. Über die Begründung des Gesetzes der schwarzen Strahlung. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 342, n. 4, p. 642-656, 1912. <https://doi.org/10.1002/andp.19123420403>.

PLANCK, Max Karl Ernst Ludwig. **Scientific autobiography and other papers**. New York: Philosophical Library, 1949.

POHL, Robert W.; PRINGSHEIM, Peter. On the long-wave limits of the normal photoelectric effects. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 26, n. 156, p. 1017-1.024, 1913. <https://doi.org/10.1080/14786441308635051>.

POPPER, Karl. **A lógica da pesquisa científica**. Trad. Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>

RAMSAUER, Carl. Über die lichtelektrische Geschwindigkeitsverteilung und ihre Abhängigkeit von der Wellenlänge. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 45, n. 24, p. 1.121-1.159, 1914a.

RAMSAUER, Carl. Über eine direkte magnetische Methode zur Bestimmung der lichtelektrischen Geschwindigkeitsverteilung. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 45, p. 961-1002, 1914b. <https://doi.org/10.1002/andp.19143502302>.

RAYLEIGH, Lord. Remarks upon the law of complete radiation. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 49, n. 301, p. 539-540, 1900. <https://doi.org/10.1080/14786440009463878>.

REIS, Mari Aurora Favero; SERRANO, Agostinho de Andrade Neto. Pesquisa Bibliográfica em Historicidade, Conceitos e Contextos na Produção e Transformação da Luz por meio da Teoria Quântica. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 3, p. 493-516, 2017.

RICHARDSON, Owen Willans. XXIII. The electron theory of contact electromotive force and thermoelectricity. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 23, n. 134, p. 263-278, 1912. <https://doi.org/10.1080/14786440208637220>.

RICHARDSON, Owen Willans. Note on the direct determination of h. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 4, n. 6, p. 522-523, 1914.

RICHARDSON, Owen Willans. Thermionic phenomena and the laws which govern them. *In*: THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1922-1941**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998. cap. 7, p. 224-236 [original de 1917].

RICHARDSON, Owen Willans; COMPTON, Karl Taylor. The photoelectric effect. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 24, n. 142, p. 575-594, 1912a. <https://doi.org/10.1080/14786441008637361>.

RICHARDSON, Owen Willans; COMPTON, Karl Taylor. The photoelectric effect. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 34, n. 5, p. 393-396, 1912b.

RIGHI, Augusto. Di alcuni nuouvi fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni: nota preliminare. **Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei**, Roma, série 4, v. 4, p. 185-187, 1888. [cf. também Nota II, p. 498; Nota III, p. 578-580; Nota IV, p. 691-694; Nota V, p. 16-19; Nota VI, p. 66-67].

RIGHI, Augusto. **Repertorium der Physik** [...]. München: Oldenburg, 1889a. v. 25: Repertorium für Experimental-Physik, für Physikalische Technik, Mathematische [und] Astronomische Instrumentenkunde, p. 380.

RIGHI, Augusto. Osservazioni alla precedente lettera. **Il Nuovo Cimento**, Roma, v. 26, p. 59-60, 1889b. <https://doi.org/10.1007/BF02709917>.

RIGHI, Augusto. Sulle traiettorie percose nella convezione fotoelettrica, et su alcuni nuovi fenomeni elettriciti nell'aria rarefata [Sobre as trajetórias percorridas na convecção fotoelétrica e

alguns novos fenômenos elétricos no ar rarefeito]. **Atti della Reale Accademia della Scienze dei Lincei – Rendiconti**, Roma, série IV, v. 6, p. 81-86, 1890a.

RIGHI, Augusto. Erwiderung auf die Bemerkungen des Hrn. W. Hallwachs. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 277, n. 11, p. 505-506, 1890b. <https://doi.org/10.1002/andp.18902771111>.

RODA, Rodolfo; MARTINS, Roberto de Andrade. Uma disputa sobre o sentido da Natureza da Ciência: uma análise da crítica de Michael Matthews à visão consensual de Norman Lederman. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21060, 2021. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210060>.

RODRIGUES, Renato Felix; PEREIRA, Alexsandro Pereira de. A inferência à melhor explicação como heurística para abordar episódios históricos no ensino de ciências por meio de controvérsias explicativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 557-576, 2020. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p557>

RODRIGUES, Renato Felix. A inferência à melhor explicação como heurística para o ensino de História da Ciência na formação de professores. 2021. 188 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma introdução à pesquisa quantitativa em ensino**. 1. ed. Campo Grande: Editora UFMS, 2013.

ROSBAUD, Paul. **Rosbaud correspondence and manuscripts, 1945**. College Park: American Institute of Physics, Coleção Samuel Goudsmit Papers, series IV, box 28, folder 42.

RUDNICK, J.; TANNHAUSER, D. S. Concerning a widespread error in the description of the photoelectric effect. **American Journal of Physics**, United States, v. 44, n. 8, p. 796-798, 1976. <https://doi.org/10.1119/1.10130>.

SALAS, Javier. Cientistas nazistas deixam de dar nome a duas crateras na Lua. **El País**, Madrid, 1 jul. 2020. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/ciencia/2020-07-01/cientistas-nazistas-deixam-de-dar-nome-a-duas-crateras-na-lua.html>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SANTOS, Carlos Alberto dos. Millikan e a questão do potencial de contato no experimento do efeito fotoelétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. e3602, 2018. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0321>.

SCHUSTER, Arthur. Experiments on the discharge of electricity through gases. (Second paper). **Proceedings of Royal Society of London**, London, v. 42, p. 371-379, 1887. <https://doi.org/10.1098/rspl.1887>.

SCHWEIDLER, Egon Ritter von. Die lichtelektrischen Ersc innen Die Emission negativer Elektronen von belichteten Oberflächen [Os fenômenos fotoelétricos: a emissão de elétrons negativos de superfícies iluminadas]. **Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik**, v. 1, p. 358–400, 1904.

SERRANO, Carlos. Os cientistas nazistas que tentaram desacreditar Einstein com argumentos racistas. **G1**, Rio de Janeiro, 13 dez. 2021. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ciencia/noticia/2021/12/13/os-cientistas-nazistas-que-tentaram-desacreditar-einstein-com-argumentos-racistas.ghtml>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SILVA, Ana Paula Bispo da; GUERRA, Andreia (org.). **História da ciência e ensino: fontes primárias e propostas para sala de aula**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SILVA, Cibelle Celestino; MARTINS, Roberto de Andrade. A Teoria das Cores de Newton: um exemplo do uso da História da Ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100005>.

SILVA, Indianara. **Do grande elétron aos quanta de luz: Arthur Holly Compton e a física dos raios X e  $\gamma$** . 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2009.

SILVA, Indianara; FREIRE JR., Olival. A descoberta do efeito Compton: de uma abordagem semi-clássica a uma abordagem quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1601, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100026>.

SILVA, Ronivan Sousa da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 618-639, 2015. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p618>

SILVA, Ronivan Sousa da. **A abordagem do efeito fotoelétrico no ensino médio: Contribuições de uma unidade ensino potencialmente significativa**. Orientadora: Nádia Cristina Guimarães Errobidart. 201 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS. Campo Grande – MS, 2015. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/3217>. Acesso em 25/10/2021.

SOARES, Joana Menara Souza. **Análise da história do efeito fotoelétrico em livros didáticos de física para graduação**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2016.

STACHEL, John. **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. 2. ed. Trad. Alexandre Carlos Tort. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2005.

STARK, Johannes. **Die Elektrizität in Gasen** [A eletricidade em gases]. Leipzig: J. A. Barth, 1902.

STARK, Johannes. **Nationalsozialismus und Wissenschaft**. Munich: Zentralverlag der NSDAP, 1934.

STRNAD, Janez. Die Austrittsarbeit beim Photoeffekt. **Praxis der Naturwissenschaften-Physik**, Köln, v. 11, p. 343-344, 1980.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Sur une sorte de courants electriques provoques par les rayons ultravioletes [Sobre os tipos de correntes elétricas provocadas por raios ultravioleta]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 106, p. 1.149, 1888a. [cf. também Aleksandr Grigorievich Stoletow, On a kind of electric current produced by ultra-violet rays, **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 26, n. 160, p. 317-319, 1888a].

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Sur les courants actino-électriques à travers l'air [Sobre as correntes actínio-elétricas através do ar]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 106, p. 1.593, 1888b.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Suite des recherches actino-électriques [Continuação das pesquisas actínio-elétricas]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Paris, v. 107, p. 91, 1888c.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Sur les phénomènes actino-électriques [Sobre os fenômenos actínio-elétricos]. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 108, p. 1.241-1.243, 1889a.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Актино-электрические исследования [As investigações actínio-elétricas]. **Journal Russian Physico-Chemical Society**, [S.l.], v. 21, p. 159, 1889b.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Lettera del prof. A. Stoletow alla direzione del giornale. **Il Nuovo Cimento**, Roma, v. 26, p. 58-59, 1889c. <https://doi.org/10.1007/BF02709916>.

STOLETOW, Aleksandr Grigorievic. Sur les courants actino-électriques dans l'air raréfié [Sobre as correntes actínio-elétricas no ar rarefeito]. **Journal de Physique Théorique et Appliquée**, v. 9, n. 1, p. 468-473, 1890. <https://doi.org/10.1051/jphystap:018900090046800>.

STUDART, Nelson; MOREIRA, Ildeu de Castro. A comprovação da hipótese do quantum de luz: o Efeito Compton e sua repercussão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20240304, 2024.

STUEWER, Roger Harry. **Historical and philosophical perspectives of science**. Minneapolis: Minnesota University, 1970 (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, V).

STUEWER, Roger Harry. **The Compton Effect: turning point in Physics**. New York: Science History Publications, 1975.

STUEWER, Roger Harry. The compton effect: transition to quantum mechanics. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 512, n. 11, p. 975-989, 2000. <https://doi.org/10.1002/andp.200051211-1216>.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães; CALUZI, João José. A construção de avaliações escritas em unidades de ensino potencialmente significativas. **Revista de Enseñanza de la Física** (número extra), v. 33, p. 219-227, 2021.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães; CALUZI, João José. As concepções de Natureza da Ciência de estudantes de cursos técnicos integrados de nível médio. **Latin-American Journal Physics Education**, México, v. 16, n. 4, p. 4306-1/4306-10, 2022.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; CALUZI, João José; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Uma sistematização das críticas aos princípios heurísticos representativos da Natureza das Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 40, n. 2, p. 315-356, 2023a. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2023.e92118>.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; CALUZI, João José; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Uma problematização sobre a Natureza das Ciências: análise da *Nobel Lecture* de Philipp Lenard e do movimento nazista “Deutsche Physik”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 45, p. e20230188, 2023b. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0188>.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; CALUZI, João José; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Tentativas clássicas de interpretação do efeito fotoelétrico – Parte 1: as hipóteses de Philipp Lenard, Arthur Haas e J. J. Thomson. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 46, p. e20230369, 2024. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0369>.

SUTTINI, Ronivan Sousa da Silva; CALUZI, João José; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A “hipótese-h” de Sommerfeld-Debye: uma teoria semiclássica dos raios X, raios  $\gamma$  e do efeito fotoelétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 47, p. e20240351, 2025. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0351>

SZILÁRD, Leó. Leó Szilárd: his versions of the facts. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 35, n. 3, part II, p. 55-59, 1979.

TEIXEIRA, Elder Sales. **A influência de uma abordagem contextual nas concepções sobre a Natureza da Ciência**: um estudo de caso com estudantes de Física da UEFS. 2003. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Feira de Santana, Salvador, 2003.

TEIXEIRA, Elder Sales; FREIRE JR, Olival; EL-HANI, Charbel Niño. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1901-1921**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998a [Physics 1905, Philipp Eduard Anton von Lenard].

THE NOBEL FOUNDATION (org.). **Nobel Lectures in Physics: 1922-1941**. Singapore: World Scientific Publishing, 1998b [Physics 1923, Robert Andrews Millikan].

THOMSON, Joseph John. On the velocity of the cathode rays. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 38, n. 233, p. 358-365, 1894. <https://doi.org/10.1080/14786449408620644>.

THOMSON, Joseph John. Cathode rays. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science** [série 5], London, v. 44, n. 269, p. 293-316, 1897. <https://doi.org/10.1080/14786449708621070>.

THOMSON, Joseph John. On the Masses of the Ions in Gases at Low Pressures. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science** [série 5], London, v. 48, n. 295, p. 547-567, 1899. <http://dx.doi.org/10.1080/14786449908621447>.

THOMSON, Joseph John. **Conduction of Electricity Through Gases**. 1 ed. Cambridge: University Press, 1903.

THOMSON, Joseph John. XXIV. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904a.

THOMSON, Joseph John. **Electricity and matter**. New York: Charles Scribner's Sons, 1904b.

THOMSON, Joseph John. XVII. On the electrical origin of the radiation from hot bodies. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 14, n. 80, p. 217-231, 1907. <https://doi.org/10.1080/14786440709463676>.

THOMSON, Joseph John. XVII. On the theory of radiation. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 20, n. 115, p. 238-247, 1910. <https://doi.org/10.1080/14786441008636893>.

THOMSON, Joseph John. LXVII. On the structure of the atom. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 26, n. 154, p. 792-799, 1913a. <https://doi.org/10.1080/14786441308635024>.

THOMSON, Joseph John. XCV. Structure of the atom. To the editors of the Philosophical Magazine. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 26, n. 156, p. 1.044, 1913b. <https://doi.org/10.1080/14786441308635054>.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TROLAND, Leonard T. On the measurement of visual stimulation intensities. **Journal of experimental Psychology**, v. 2, n. 1, p. 1, 1917.

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Projeto Pedagógico do Curso de Física**: modalidades em licenciatura em Física, bacharelado em Física dos Materiais e bacharelado em Física Computacional (Currículo 1606). Bauru: UNESP, 2023. Disponível em: <https://www.fc.unesp.br/Home/Departamentos/Fisica/fisica/ppp-pdf-2.pdf>. Acesso em: 4 set. 2023.

VÁZQUEZ, Ángel; ACEVEDO, José Antonio; MANASSERO, María Antonia; ACEVEDO, Pilar. Cuatro paradigmas básicos sobre la Naturaleza de la Ciencia. **Argumentos de Razón Técnica**, Sevilha, n. 4, p. 135-176, 2001.

VILAS BOAS, Anderson; SILVA, Marcos Rodrigues; PASSOS, Marinez Meneghello; ARRUDA, Sergio de Mello. História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n2p287>.

WALKER, Mark. The rise and fall of an “Aryan” physicist. *In*: WALKER, Mark. **Nazi science: myth, truth, and the German atomic bomb**. Boston: Springer, 1995. p. 5-40. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6074-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-6074-0_2).

WIEDEMANN, Eilhard; EBERT, Hermann. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die electrischen Entladungen. **Annalen der Physik**, v. 269, n. 2, p. 241-264, 1888a.

WIEDEMANN, Eilhard; EBERT, Hermann. Ueber electrische Entladungen in Gasen und Flammen. **Annalen der Physik**, v. 271, n. 10, p. 209-264, 1888b.

WHEATON, Bruce R. Philipp Lenard and the photoelectric effect, 1889-1911. **Historical Studies in the Physical Sciences**, New York, v. 9, p. 299-322, 1978. <https://doi.org/10.2307/27757381>.

WHEATON, Bruce R. **The tiger and the shark: empirical roots of wave-particle dualism**. New York: Cambridge University, 1983.

WHITAKER, Martin Andrew B. History and quasi-history in physics education - Part I. **Physics Education**, v. 14, n. 2, p. 108-112, 1979a. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/14/2/009>.

WHITAKER, Martin Andrew B. History and quasi-history in physics education. II. **Physics Education**, v. 14, n. 4, p. 239-242, 1979b. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/14/4/313>.

WIEN, Wilhelm [Willy]. Über die Energievertheilung im Emissionsspectrum eines schwarzen Körpers [Sobre a distribuição de energia no espectro de emissão de um corpo negro]. **Annalen der Physik**, Leipzig, v. 294, n. 8, p. 662-669, 1896. <https://doi.org/10.1002/andp.18962940803>.

WIEN, Wilhelm [Willy]. Die elektrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen (As propriedade eletrostáticas dos raios catódicos). **Verhandlungen der Deutschen Physikalische Gesellschaft** (Berlin), v. 16, p. 165-172, 1897.

WRIGHT, James Remus. The positive potential of aluminum as a function of the wave-length of the incident light. **Physical Review Journals Archive**, Washington, v. 33, series 1, p. 43-52, 1911. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSeriesI.33.43>.



YOUNG, Hugh David; FREEDMAN, Roger A. **Física IV – Sears e Zemansky: ótica e física moderna**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZEEMAN, Pieter. On the influence of magnetism on the nature of the light emitted by a substance. **Communication from the Physical Laboratory at the University of Leiden**, Leiden, n. 33, p. 3-19, 1896.



# **APÊNDICE A**

**PLANOS DE AULA:  
DISCIPLINA HISTÓRIA DA CIÊNCIA 2023-1**

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 01 (14 de março de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, *campus* Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- A abordagem tradicional da História das Ciências nos cursos de graduação em Física.
- As possíveis contribuições da História das Ciências para o ensino de ciências.
- Proposição de um curso de História das Ciências com ênfase na história do “efeito fotoelétrico”.
- Programa da disciplina História da Ciência 2023-1.

### III. Objetivos da Aula

- Identificar as expectativas dos estudantes quanto ao conteúdo a ser abordado no decorrer do curso de História das Ciências;
- Identificar, de acordo com as expectativas iniciais dos estudantes, quais são as possíveis contribuições de um curso de História das Ciências para formação (e atuação) de professores de física;
- Apresentar (e justificar) o Programa da Disciplina de História das Ciências 2023-1.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsúncos)

- Ideias de senso comum sobre:
  - ✓ A disciplina de História das Ciências
  - ✓ O papel da História das Ciências no ensino de ciências
  - ✓ O que é a Ciência? Quais áreas ou disciplinas são legitimamente científicas?

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min - 19h20 min [20 minutos]:**

Recepção dos estudantes. Organização da sala de aula (cadeiras, multimídia, computador etc.). Lista de Presença. Apresentação dos dois professores.

**19h20min - 19h40min [20 minutos]:**

Tempo destinado aos estudantes para responder às seguintes perguntas iniciais (com respostas registradas por escrito) [*Observação: De certa forma, as respostas ajudam a sondar a “visão de ensino de ciências” dos estudantes e o papel da H.C. nessa perspectiva*].

- (1) Quais as possíveis contribuições de um curso de História das Ciências para a formação (e atuação) de futuros professores de física?
- (2) Quais são suas expectativas quanto ao conteúdo a ser abordado neste curso de História das Ciências?
- (3) Qual a sua “familiaridade” com textos ou livros sobre a História e Divulgação das Ciências (ou da Física)?
- (4) Como você responderia à pergunta: “O que é a Ciência?”
- (5) Considerando sua resposta anterior, no contexto da história geral, quando a atividade científica teve início?

**19h40min - 20h10min [30 minutos]:**

Socialização e comentários a respeito das respostas elaboradas pelos estudantes às perguntas iniciais.

**20h10min - 20h30min [20 minutos]:**

Leitura em sala de aula do **Texto 1: “Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino”** (Martins, 1990).  
*[Observação: Os estudantes deverão ressaltar qual(is) argumento(s) apresentados pelo autor são pertinentes ou convincentes de acordo com sua perspectiva e visão de futuro professor de física].*

**20h30min - 21h00min [30 minutos]:**

Socialização e comentários a respeito das respostas elaboradas pelos estudantes.

**21h00min - 21h15min:** Intervalo de Descanso. *[15 minutos]:*

**21h15min - 21h45min [30 minutos]:**

Apresentação do Programa de Ensino da Disciplina de História das Ciências 2023-1.

- (1) Como tradicionalmente é o programa de ensino de uma disciplina de História das Ciências?
- (2) Quais as vantagens e desvantagens de uma disciplina tradicional de História das Ciências?
- (3) Por que optamos por uma “disciplina alternativa” de História das Ciências? Qual a finalidade desse curso? (ver Texto 01)
- (4) Por que escolhemos a “**história do efeito fotoelétrico**” como estudo de caso?
- (5) Quais as vantagens e desvantagens dessa “disciplina alternativa”?
- (6) Destacar a relação entre aspectos de História, Filosofia e Sociologia das Ciências e sua contribuição para melhoria da educação científica contemporânea.
- (7) Cronograma de aulas do curso de História das Ciências em 2023.

**21h45min - 22h30min [45 minutos]:**

(1) Explicar a Metodologia de Avaliação da Disciplina:

(2) Elementos Avaliativos:

- *Memórias & Reflexões*, de caráter subjetivo decorrentes da aula (*livre criação do estudante*).

Orientações:

- *Data; pessoas presentes; local; etc.*
- *Questões e temas abordados;*
- *Objetivos da aula*
- *O que foi realizado durante a aula? Como as atividades foram realizadas?*
- *Como o assunto abordado foi compreendido por você? Que significados você construiu?*
- *Houve alguma mudança ou reforço em suas convicções prévias? Quais?*
- *Quais “questões” (respondidas ou não) e “temas” você considerou pertinentes?*
- *Quais falas ou argumentos você apresenta nítida discordância? Por quê?*
- *Esclarecimentos que ainda são necessários?*
- *Comentários e observações adicionais.*
- Questionários sobre História das Ciências e sobre a Natureza das Ciências;
- Participação *in loco* (em sala de aula) individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico e autorreflexivo diante de questões e temas abordados durante a disciplina;
- Elaboraões escritas individuais e/ou coletiva (textos, relatórios etc.);
- Avaliação conceitual de aprendizagem sobre o tópico “efeito fotoelétrico”;
- Três seminários temáticos;

**Observação:** Destacar que as atividades avaliativas serão corrigidas no máximo uma vez pelos professores, os quais fornecerão feedback e sugestões de refacção quando pertinente. Caberá aos estudantes seguirem (ou não) as sugestões dos professores para entrega final da atividade avaliativa como elemento constituinte do portfólio.

**22h30min - 23h00min:** Margem de tempo de segurança.



## VI. Avaliação

- ✓ Participação *in loco* (em sala de aula) individual e/ou coletiva nas discussões e reflexões.
- ✓ Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados.

- ✓ Memórias de aula e reflexões subjetivas decorrentes (*livre criação do estudante*).

### **VII. Encaminhamentos para Próxima Aula**

- ✓ Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 1.
- ✓ Sugerir a busca de informações nos livros didáticos acerca do conteúdo “efeito fotoelétrico”.
- ✓ Sugestão (Séries e Filmes): *Genius* (Einstein, 2017); *Radioactive* (Marie Curie, 2019)
- ✓ Lembre para a próxima aula: Aplicação do Questionário Inicial sobre a Natureza da Ciência

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 2 (21 de março de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, *campus* Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- Aplicação do “**Questionário Inicial VOSE-RCN**” sobre aspectos da NdC (*NOS tenets*):
  1. Sobre os Modelos Científicos.
  2. Sobre a Natureza do Conhecimento Científico (tentativa e erro) / (leis e teorias)
  3. Sobre o Uso de Imaginação, Criatividade e Analogias no trabalho científico.
  4. Sobre as Teorias e Leis Científicas
  5. Sobre o Processo de Validação do Conhecimento Científico
  6. Sobre a Natureza das Observações Experimentais (objetividade x subjetividade)
  7. Sobre as Influências Histórico-Sociais na Pesquisa Científica (não neutralidade)

### III. Objetivos da Aula

- Coletar dados para, posteriormente, caracterizar as concepções prévias dos estudantes sobre diferentes aspectos da NdC início da disciplina de História das Ciências 2023-1.
- Estimular discussões e reflexões quanto à sete diferentes características associadas ao processo de construção do conhecimento científico.
- Despertar a curiosidade dos estudantes quanto às complexidades e peculiaridades da descrição da atividade científica.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Ideias prévias (até mesmo de senso comum) sobre alguns aspectos importantes relacionados a processo de construção do conhecimento científico.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula (cadeiras, multimídia etc.). Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h20min** [10 minutos]:

Tempo destinado à entrega e justificativa da aplicação do “Questionário Inicial VOSE-RCN”. Leitura e esclarecimentos acerca das instruções.

**19h20min** □ **19h40min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder às questões 1 e 2.

**19h40min** □ **120h00min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 3.

**20h00min** □ **20h10min** [10 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 4.

**20h10min** □ **20h20min** [10 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 5.

**20h20min** □ **20h40min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 6.

**20h40min** □ **21h00min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 7.

**121h00min** □ **21h20min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 8.

**21h20min** □ **21h30min** [10 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 9.

**21h30min** □ **21h50min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 10.

**21h50 min** □ **22h10min** [10 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 11.

**22h10 min** □ **22h30min** [20 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder à questão 12.



**22h30min** □ **23h00min**): Margem de tempo de segurança.

## VI. Avaliação

- ✓ Respostas dos estudantes ao “Questionário Inicial VOSE-RCN”.
- ✓ Memórias de aula e reflexões subjetivas decorrentes (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- ✓ Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 2. Deve-se analisar os sete aspectos abordados no Questionário VOSE-RCN. Em particular, os estudantes deverão elaborar justificativas gerais, de caráter sucinto, em relação aos itens em que assinalaram “*discorda*” e “*discorda fortemente*”.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 03 (28 de março de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- O que é leitura? O que é saber ler?
- Estratégias de leituras de textos científicos.
- “*Metodologia dos Três Olhares*” como estratégia de leitura.
- Construção de “fluxogramas” com base em um texto científico.

### III. Objetivos da Aula

- Orientar os estudantes quanto à estratégia de leitura de textos durante o curso (sugestão: construção de fluxograma);
- Discutir a “*Metodologia dos Três Olhares*” como estratégia de leitura de textos científicos;
- Explicar quais atividades avaliativas serão solicitadas a partir da leitura dos textos acadêmicos e históricos, bem como a dinâmica das aulas pré e pós leituras.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Concepções prévias (até mesmo de senso comum) sobre “O que é leitura?” “O que é saber ler?”
- Estratégias subjetivas (métodos, técnicas etc.) enquanto leitores de texto;
- Concepções a respeito da construção de fluxogramas, mapas mentais, mapas conceituais etc.

### V. Procedimentos de ensino

#### 19h00min □ 19h10min:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

#### 19h10min □ 19h20min [10 minutos]:

Tempo destinado à explicação/justificação do tema e dos objetivos da aula (*Prof. Caluzi\**).

#### 19h20min □ 19h40min [20 minutos]:

Tempo destinado à leitura do **Texto 2: “Os Cientistas Nazistas que Tentaram Desacreditar Einstein com Argumentos Racistas”** (Serrano - BBC News, 2021).

#### 19h40min □ 20h00min [20 minutos]:

Diálogo com os estudantes (*ações inconscientes em relação à leitura*). Perguntas orientadoras:

- Como você descreveria sua estratégia (método/postura) em relação ao texto antes da leitura?
- Como você descreveria sua estratégia (método/postura) em relação ao texto durante a leitura?
- Como você descreveria sua estratégia (método/postura) em relação ao texto após a leitura?

#### 20h00min □ 20h30min [30 minutos]:

Aula Expositiva (apresentação de *slides* no programa *powerpoint*):

- *O que é a leitura?*
- *Quais elementos desempenham um papel importante na leitura e compreensão de um texto?*
- Tipos de leitura:

- *Fruição* (envolvimento passional, paixão, prazer)
- *Investigativa* (análise de discurso; sentidos implícitos no texto)
- *Acúmulo* de Informações (tomada de decisão; formar opinião)
- *Didática* (conceitos, princípios, teorias, apropriação de conhecimento)

- Diferentes estratégias de leituras (em sentido didático):
  - Seleção de Índice
  - Preditibilidade (antecipação de conteúdo e significado)
  - Inferência (complemento de informações)
  - **Construção de “fluxogramas” – Metodologia de Três Olhares.**

**20h30min** □ **21h00min** [30 minutos]:

Apresentação da “Metodologia de Três Olhares” □ Construção de “fluxogramas”.

#### **Estratégias “antes” da leitura (1º Olhar):**

- Examine ligeiramente (superficialmente) todo o texto;
- Examine a estrutura do texto, procurando ler cabeçalhos, títulos, subtítulos etc.;
- Após breve exame, levante hipóteses (expectativas) acerca do conteúdo do material a ser lido;
- Pense a respeito da finalidade ou necessidade de realizar a leitura, na visão do autor do texto (ou acerca da intenção e objetivo educacional do professor quando fez a escolha por esse texto).

Perguntas direcionadas à “**APREENSÃO**”:

1. Quais informações o texto mostra explicitamente?
2. Qual o assunto principal (ideia-matriz) que será abordado no decorrer do texto?
3. Quais expectativas e/ou hipóteses podem ser levantadas *a priori* sobre o conteúdo a ser abordado no texto?

#### **Estratégias “durante” a leitura (2º Olhar):**

- Sublinhe as ideias ou palavras principais;
- Tome notas e faça comentários acerca de trechos específicos;
- Relacione as informações do texto com suas crenças e conhecimentos prévios sobre o assunto;
- Reflita acerca de implicações ou consequências do que o texto está lhe transmitindo;
- Quando não compreender uma palavra, frase ou parágrafo:
  - Releia;
  - Dê atenção às partes que os precederam;
  - Se possível, consulte uma fonte externa (outro livro, outra pessoa etc.);
  - Faça um destaque e traga sua dúvida para discussão em sala de aula.

Perguntas direcionadas à “**COMPREENSÃO**” (estrutura do texto):

1. Como o autor construiu o texto?
2. Como se deu a apresentação das ideias?
3. Como o texto foi organizado?
4. Qual a sequência lógica do texto?
5. Qual o público-alvo?
6. Esse texto remete a que em sua experiência de vida?

#### **Estratégias “após o término” da leitura (3º Olhar):**

- Avalie o quanto entendeu do texto e volta àquelas partes cuja compreensão não se sente seguro;
- Volte ao texto e releia os pontos mais relevantes;
- Procure recordar pontos fundamentais do assunto sem retomar ao texto;
- Reflita sobre as hipóteses levantadas inicialmente;

Perguntas direcionadas à “**INTERPRETAÇÃO**”:

1. Quais são os pontos mais relevantes do texto?
2. Que significados foram construídos a partir dos diferentes conceitos apresentados?
3. O que esse texto tem a ver com você (leitor), com sua vida?

4. Quais juízos de valor você construiu após a leitura?
5. Qual o resultado acerca das hipóteses levantadas *à priori*?

**21h00min - 21h15min:** Intervalo de Descanso. [15 minutos]:

**21h15min □ 21h30min** [15 minutos]:

Tempo destinado para construção coletiva do “**Fluxograma 1**” referente ao Texto 2.

**21h30min □ 21h45min** [15 minutos]:

Tempo destinado à construção do “**Fluxograma 2**” referente ao Texto 03.

**21h45min □ 22h15min** [30 minutos]:

- Tempo destinado à leitura do **Texto 3: “Cientistas Nazistas Deixam de Dar Nome à Crateras na Lua”** (Salas - El País, 2020).
- Elaboração do “**Fluxograma 3**” referente às informações apresentadas nos textos 02 e 03.

**22h15min □ 22h30min:** [15 minutos]:

Explicar para os estudantes quais os tipos de atividades avaliativas serão solicitados a partir da leitura dos textos acadêmicos e a dinâmica das aulas pré e pós leitura:

- Elaboração de respostas a algumas perguntas-chave, com intuito de fomentar as discussões.
- Elaboração de “*fluxogramas*” a partir das leituras de textos científicos (sentido didático);
- Apresentação de “seminários coletivos”;
- Elaboração de Memórias & Reflexões
- Exposição Oral (10 ~ 15 min) no início da aula subsequente (*observando o caráter democrático de oportunidade de expressão*);
- Discussões em pequenos grupos:
  - Elaboração de respostas às questões previamente elaboradas pelos professores;
  - Socialização das conclusões com o coletivo em sala de aula.
- Tempo de leitura (em média, *01 página: 5 ~ 7 min*). **Logo, reserve cerca de 03 horas somente para leituras semanais extraclasse de textos acadêmicos e históricos.**



**22h30min □ 23h00min:** Margem de tempo de segurança.

## VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias de aula e reflexões subjetivas decorrentes (*livre criação do estudante*).
- Construção dos *Fluxogramas 1, 2 e 3*.

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 3.
- Leitura (prévia) para próxima aula: **Texto 4: “Como Não Escrever sobre História da Física: um manifesto historiográfico”** [17 páginas] (Martins, 2001).
- Construir um fluxograma acerca do Texto 4.
- Formar grupos para apresentação **1º Seminário Coletivo** (preencher planilha disponibilizada).

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 4 (04 de abril de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, *campus* Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- Narrativas pseudo-história nos livros didáticos.
- A relação entre narrativas pseudo-históricas e a transmissão (e o reforço) de imagens distorcidas e estereotipadas sobre o processo de construção do conhecimento científico (*e.g.*, *metodologia científica experimental hipotético-dedutiva*).

### III. Objetivos da Aula

- Problematizar a presença de *narrativas pseudo-história* na formação de futuros professores com base em textos didáticos.
- Discutir os principais elementos que podem sinalizar a presença de uma *narrativa pseudo-história* em um texto didático e acadêmico (Allchin, 2004).
- Discutir como as *narrativas pseudo-histórias* atuam intencionalmente na promoção de imagem distorcidas e estereotipadas sobre Natureza da Ciência.
- Estimular a discussão e a autorreflexão acerca da responsabilidade do professor quanto às concepções de Natureza da Ciência que são (in)conscientemente transmitidas e fomentadas em sua prática docente.
- Analisar um “Estudo de Caso”: Texto 5 (Lawson, 2000).

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Teorias (antigas e modernas) a respeito da circulação sanguínea;
- Ideias prévias (e até mesmo de senso comum) sobre como a ciência funciona.
- Metodologia Científica Experimental Hipotético-Dedutivo (o “método científico”).

### V. Procedimentos de ensino

#### 19h00min □ 19h10min:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Entrega de Atividades. Lista de Presença.

#### 19h20min □ 20h00min [40 minutos]:

Socialização da percepções e comentários dos estudantes sobre a leitura (e construção do fluxograma) do **Texto 4: “Como não escrever sobre História das Ciências”** (Martins, 2001). Objetivo Principal. Intencionalidade. Resultados. Conclusão.

#### 20h00min □ 20h20min [20 minutos]:

Aula Expositiva/Dialogada (slides): introdução e contextualização da temática abordada no trabalho de Allchin (2004).

#### 20h20min □ 20h30min [10 minutos]:

Aula Expositiva/Dialogada (slides): Definições das palavras-chave *Whigg*, *Pseudo*, *Quasi* e *Hagio* no contexto da literatura de pesquisa em ensino de ciências e em história, filosofia, sociologia das ciências.

#### 20h30min □ 20h50min [20 minutos]:

Tempo destinado à leitura, anotações e dúvidas sobre o **Texto 05 – “A Generalidade do Raciocínio Hipotético-Dedutivo: tornando o pensamento científico explícito [Teorias Iniciais do Fluxo Sanguíneo & A Pesquisa de William Harvey]”** (Lawson, 2000, p. 482-485, tradução nossa).

**20h50min □ 21h00min [10 minutos]:**

Apontamentos dos estudantes quanto à possíveis erros historiográficos grosseiros e bastante evidentes. Na sequência, será realizada uma discussão e reflexão sobre cada um dos pontos indicados.

**21h00min - 21h15min:** Intervalo de Descanso. [15 minutos]:

**21h15min □ 21h30min [15 minutos]:**

Aula Expositiva/Dialogada (com auxílio de slides no programa powerpoint). Discussão dos principais elementos (erros historiográficos grosseiros) que sinalizam a presença de uma *narrativa pseudo-histórica* no trabalho de Lawson (2000).

**Tema 01 – Reconstrução Histórica.** Reconstruções podem ser facilmente moldadas por retrospecto histórico (omissões, seleção pré-definida e distorções de fatos históricos relevantes)

*“Vamos começar com as primeiras teorias do fluxo sanguíneo e a pesquisa clássica de William Harvey para ver como seu pensamento pode ser expresso na forma de argumentos hipotético-dedutivos”* (p. 482).

*“O raciocínio hipotético-dedutivo subjacente ao seu experimento pode ser reconstruído como se segue:”* (p. 483).

**21h30min □ 21h40 min [10 minutos]:**

**Tema 02 – Simplicidade exagerada** na resolução de longas controvérsias científicas.

*“Para argumentar a favor de seu quinto postulado e contra a ideia antiga de fluxo e refluxo, Harvey concebeu um experimento que é ao mesmo tempo elegante e surpreendente em sua simplicidade e importância”* (p. 483).

**Tema 03 – Dramatização exagerada** na resolução de longas controvérsias científicas.

*“Graças ao uso do raciocínio hipotético-dedutivo, quando os capilares foram finalmente evidenciados empiricamente, a teoria ganhou um grande impulso e a teoria de Galeno finalmente sofreu um golpe fatal”* (p. 484).

**21h40 min □ 21h50min [10 minutos]:**

**Tema 04 – Descrição não problemática** da construção dos novos modelos científicos a respeito da circulação sanguínea. (Uma descrição “não problemática” é uma forte pista para o leitor interpretar a confiabilidade relativa de um episódio histórico das ciências).

*“Como Hipócrates e Galeno antes dele, Harvey ficou impressionado com uma analogia. Mas a analogia orientadora de Harvey não era o fluxo e refluxo das marés. Em vez disso, era o modelo de órbitas circulares dos planetas e a crença de que os padrões planetários em larga-escala deveriam ser repetidos (eocar) em sistemas fisiológicos de pequena escala. Assim, Harvey se propôs a descobrir os padrões circulares de fluxo sanguíneo”* (p. 482, grifo nosso).

**21h50 min □ 22h00min [10 minutos]:**

**Tema 05 – Contexto histórico-científico distorcido** temporalmente. Contexto histórico original ignorado ou deturpado (“whiggismo”). Omissões seletivas.

*“A teoria do fluxo sanguíneo de Galeno foi praticamente inquestionável por quase 1500 anos, até 1628, quando o médico inglês William Harvey (1578 – 1657) publicou um livro intitulado “Sobre o Movimento do Coração e do Sangue nos Animais” (“On the Motion of the Heart and Blood in Animals. O livro de Harvey continha uma teoria revolucionária da circulação sanguínea”* (p. 482, grifo nosso).

**22h00 min □ 22h10min [10 minutos]:**

**Tema 06 – Omissões e ênfases seletivas** na narrativa histórica.

*“A teoria do fluxo sanguíneo de Galeno foi praticamente inquestionável por quase 1500 anos, até 1628, quando o médico inglês William Harvey (1578 – 1657) publicou um livro intitulado “Sobre o Movimento do Coração e do Sangue nos Animais” (“On the Motion of the Heart and Blood in Animals. O livro de Harvey continha uma teoria revolucionária da circulação sanguínea” (p. 482, grifo nosso).*

**22h10 min** □ **22h20min** [10 minutos]:

**Tema 07 – Genialidade “incomparável”, “infalível” e “exemplo-exemplar”** do cientista protagonista na narrativa histórica.

*“A teoria do fluxo sanguíneo de Galeno foi praticamente inquestionável por quase 1500 anos, até 1628, quando o médico inglês William Harvey (1578 – 1657) publicou um livro intitulado “Sobre o Movimento do Coração e do Sangue nos Animais” (“On the Motion of the Heart and Blood in Animals. O livro de Harvey continha uma teoria revolucionária da circulação sanguínea” (p. 482, grifo nosso).*

**22h20 min** □ **22h30min** [10 minutos]:

**Tema 08 – Ceticismo da concorrência fundamentado exclusivamente em crenças pessoais ultrapassadas e conservadoras.**

**Tema 09 – Narrativa dramática “herói-sábio” vs “vilão-ignorante”:**

*“Independentemente de uma quantidade impressionante de evidências, tanto qualitativas quanto quantitativas, a favor da teoria da circulação e contra a alternativa de Galeno, muitos dos apoiadores de Galeno ainda se apegavam às crenças anteriores” (p. 482).*

*“Mas finalmente, em 1661, 14 anos após a morte de Harvey, o italiano Marcello Malpighi observou vasos capilares nos pulmões. A observação de Malpighi forneceu uma evidência muito convincente em apoio à teoria de Harvey (p. 484).*

**22h30 min** □ **22h40min** [10 minutos]:

Síntese dos 12 elementos que apontam para uma narrativa pseudo-história – “Sinais Alarmantes de Grosseiros” – de acordo com o trabalho de Allchin (2004).

**22h40min** □ **23h00min** [20 minutos]:



Orientações gerais e específicas para a apresentação do “**Seminário Coletivo 1**” na próxima aula. Definição dos grupos. Ordem de apresentação. Tempo de Apresentação.

## VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso;
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 4.
- Organização da apresentação do **Seminário Coletivo 1**: “*O efeito fotoelétrico nos livros didáticos de Ensino Superior: conceitos e narrativas pseudo-históricas*”. (Entregar para os estudantes uma folha escrita com todas as orientações e critérios de avaliação).

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 5 (11 de abril de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- O fenômeno do efeito fotoelétrico (conceitos físicos, leis, teoria quântica da radiação).
- Narrativas pseudo-históricas nos livros-didáticos de ensino superior (cap: efeito fotoelétrico).
- Concepções sobre a Natureza da Ciência transmitida pelos livros-didáticos de ensino superior.

### III. Objetivos da Aula

- Avaliar as habilidades/competências dos estudantes em apresentações orais (seminários).
- Avaliar a compreensão conceitual dos estudantes acerca do fenômeno do efeito fotoelétrico.
- Avaliar a autonomia dos estudantes com relação ao processo de ensino e de aprendizagem.
- Problematicar a presença de narrativas pseudo-histórias com base em textos didáticos.
- Analisar a presença de elementos de pseudo-história no capítulo sobre o efeito fotoelétrico.
- Discutir e refletir sobre imagens de senso comum sobre a Natureza da Ciência transmitida no capítulo referente ao efeito fotoelétrico em livros didáticos do ensino superior.
- Estimular a autorreflexão acerca da responsabilidade do professor tanto às narrativas pseudo-histórias quanto às concepções de Natureza da Ciência que são (in)conscientemente transmitidas pelos livros-didáticos de ensino superior.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Principais elementos que indicam a presença de uma narrativa pseudo-histórias em textos acadêmicos e em livros-didáticos;
- Metodologia Científica Experimental Hipotético-Dedutiva
- Lei da Conservação da Energia
- Modelos Científicos para Estrutura Atômica
- Teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell (Física Clássica)
- Matemática Básica (ensino superior em licenciatura/bacharelado em Física)

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h40min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 1 – Resnick & Halliday & Walker (10ª edição - 2016)

**19h45min** □ **20h15min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 2 – Sears & Zemansky / Young & Feedman (14ª edição - 2016).

**20h20min** □ **20h50min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 3 – Moysés Nussensveig (2ª edição – 2014).

**21h00min** □ **21h30min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 4 – Paul Tipler / Ralph Llewellyn (6ª edição – 2017).

**21h30min** □ **22h00min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 5 – Eisberg & Resnick (2ª edição – 1985).

**22h00min** □ **22h30min** [30 minutos]:

Apresentação do Grupo 6 – Alonso & Finn (2ª edição [espanhol]– 2000)

**22h30min** □ **23h00min**: Margem de tempo de segurança.

## VI. Avaliação

- Ficha Avaliativa de Seminários (arguição; análises; compreensão; pontualidade; clareza etc.)
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso;
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (livre criação do estudante).



## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 5.
- Entrega da lista exercícios (conceituais) referente ao fenômeno do efeito fotoelétrico.

## Ficha Avaliativa de Seminários

Cada professor irá atribuir no máximo **1,0 ponto** para cada item apresentado no quadro abaixo, e ao final fazer a soma para obtenção da nota média final da apresentação do seminário de cada grupo.

Itens	Critérios
1	<b>Elaboração e Uso Adequado do Material de Apoio</b> <i>O material utilizado na apresentação possui sequência-lógica?</i>
2	<b>Clareza e Objetividade na Apresentação</b> <i>Os “futuros professores” apresentaram clareza e objetividade em sua exposição oral? Quando necessário, mostraram exemplos ou analogias adequadas na explicação?</i>
3	<b>Uso Padrão/Oficial de Linguagem Culta e Técnica</b> <i>Os “futuros professores” fizeram uso correto das regras gramaticais padrão/oficial da língua portuguesa (brasileira)?</i>
4	<b>Pontualidade</b> <i>Os “futuros professores” realizaram a apresentação dentro o intervalo de tempo máximo estipulado (25 minutos)?</i>
5	<b>Equipartição do Tempo de Fala</b> <i>Os estudantes integrantes do grupo tiveram um intervalo de tempo de fala aproximadamente igual?</i>
6	<b>Coerência com o “Referencial Teórico” (livro, artigo etc.)</b> <i>O conteúdo da apresentação apresenta absoluta correspondência com o capítulo do livro-didático especificamente indicado?</i>
7	<b>Quanto à Fundamentação Teórica-Conceitual</b> <i>Os “futuros professores” demonstraram domínio conceitual sobre o tema proposto (o efeito fotoelétrico)?</i>
8	<b>Análise da Presença de Elementos de Pseudo-História no Referencial</b> <i>Foi realizada a análise acerca de possíveis elementos de pseudo-história acerca do capítulo indicado no livro-didático? Quais as conclusões?</i>
9	<b>Análise da “Visão de NdC” Transmitida pelo Referencial</b> <i>Foi realizada a análise acerca da “Visão de NdC” transmitida pelos autores no capítulo indicado no livro-didático? Quais as conclusões?</i>
10	<b>Arguição perante às Perguntas dos Professores</b> <i>Ao final da apresentação, os “futuros professores” foram cordiais e competentes na construção das respostas diante de questões elaboradas pelos professores?</i>

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 6 (18 de abril de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- O Experimento do Efeito Fotoelétrico;
  - A influência da **intensidade da luz** incidente no efeito fotoelétrico
  - A influência da **frequência da luz** incidente no efeito fotoelétrico
- Aspectos sobre a Natureza da Ciência:
  - Processo de Aceitação de novas teorias científicas
  - Metodologia Científica Experimental Hipotético-Dedutiva
  - A Natureza das Observações Experimentais
    - Inferência x Observação
    - Diferença entre “leis” e “teorias” científicas
    - Modelagem Científica

### III. Objetivos da Aula

Ao final dessas 04 (quatro) aulas os estudantes (futuros professores) deverão ser capazes de:

- ANALISAR e AVALIAR empiricamente a influência da **intensidade de luz** no experimento do efeito fotoelétrico.
- ANALISAR e AVALIAR empiricamente a influência da **frequência da luz** de luz no fenômeno do efeito fotoelétrico.
- AVALIAR a correspondência entre as observações experimentais com as predições da teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell (Física Clássica).
- AVALIAR a coerência e a consistência entre as observações experimentais e a “hipótese de *quantum* de luz” de Albert Einstein (1905).
- AVALIAR a coerência e a consistência entre as observações experimentais e a “hipótese de gatilho” sugerida por Phillip Lenard (1902).
- ANALISAR e AVALIAR a compreensão conceitual do fenômeno do efeito fotoelétrico por meio de um “Relatório Científico-Experimental” com base nos dados coletados na aula.
- DISCUTIR e REFLETIR sobre algumas concepções prévias sobre a Natureza da Ciência apresentadas em modelos didáticos fechados de relatórios experimentais.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsúncos)

- Teoria clássica do eletromagnetismo (Física Clássica)
- Conceitos físicos envolvidos no fenômeno do efeito fotoelétrico (leis, teoria etc.).
- Concepções sobre a Natureza da Ciência (metodologia científica, observações empírica etc.)
- Matemática Básica (ensino superior em licenciatura/bacharelado em Física)

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h00min** [50 minutos]:

Comentários gerais sobre alguns resultados parciais do “Questionário Inicial VOSE-RCN”:

- *Natureza das Observações Experimentais* (subjetividade na observação experimental).
- *Aceitação de Teorias Científicas* (subjetividade na preferência por uma dada interpretação).
- *O papel da Metodologia Científica “Experimental” na construção do conhecimento científico.*
- *Diferença entre “leis” e “teorias” científicas.*
- *Diferença entre “observação” e “inferência”.*

**20h00min** □ **20h30min** [30 minutos]:

- Ligar a lâmpada de mercúrio (Fonte de Luz Ultravioleta. Tempo de aquecimento em 30 min.)
- Vídeos de demonstração do fenômeno do efeito fotoelétrico com eletroscópio [5 min.]
- Demonstração do efeito fotoelétrico com eletroscópio de folhas carregadas [10 min].
- Entrega dos Roteiros Experimentais. Orientações e leitura das instruções para o desenvolvimento da atividade experimental [15 minutos].

**20h30min** □ **21h15min** [45 minutos]:

Coleta de Dados referente às **Tabela 1, 2 e 3** do “Relatório Científico-Experimental” parcialmente preenchido.

**Experimento 1: Determinação Fotoelétrica da Constante de Planck (h).** (Determinação do “potencial de corte” para um fotodiodo [superfície metálica] utilizando cinco diferentes linhas espectrais [filtros ópticos] e três diafragmas com aberturas de **2mm, 4 mm e 8 mm** de diâmetro).

**21h15min** □ **21h45min** [30 minutos]:

Coleta de Dados referente à **Tabela 4** do “Relatório Científico-Experimental” parcialmente preenchido.

**Experimento 2: Medição das Características de Fotocorrente-Tensão de Linhas Espectrais – Frequência constante, Intensidade Diferente**. (Determinação da “corrente fotoelétrica” variando a diferença de potencial no experimento, mantendo-se fixa a linha espectral [filtro óptico de  $\lambda = 436,0$  nm] e utilizando três diafragmas com abertura de **2mm, 4 mm e 8 mm** de diâmetro).

**21h45min** □ **22h15min** [30 minutos]:

Coleta de Dados referente à **Tabela 5** do “Relatório Científico-Experimental” parcialmente preenchido.

**Experimento 3: Medição das Características de Fotocorrente-Tensão de Linhas Espectrais – Frequências Diferentes, Intensidade Constante**. (Determinação da “corrente fotoelétrica” variando a diferença de potencial no experimento, mantendo-se fixa a intensidade de luz incidente [diafragma com abertura de 4 mm de diâmetro] e utilizando três linhas espectrais diferentes [filtros ópticos de  $\lambda_1 = 436,0$  nm,  $\lambda_2 = 546,0$  nm e  $\lambda_2 = 577,0$  nm])



**22h15min** □ **23h00min**: Margem de tempo de segurança.

## VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Conclusão do “Relatório Científico-Experimental” parcialmente preenchido.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega do “Relatório Científico-Experimental” totalmente preenchido.
- Data de entrega das Memórias & Reflexões decorrente da Semana 6.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 7 (25 de abril de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- Concepções sobre o Processo de Investigação Científica:
  - O papel da “metodologia científica experimental hipotético-dedutiva”.
  - A “neutralidade” e “objetividade” na investigação científica
  - A natureza das observações experimentais

### III. Objetivos da Aula

- Promover discussões e reflexões a respeito do papel e da importância da “metodologia científica experimental hipotético-dedutivo” nas práticas científicas, bem como suas limitações.
- Promover discussões e reflexões a respeito dos conceitos metacientíficos de “observação”, “neutralidade” e “objetividade” em uma investigação científica experimental.
- Analisar respostas dos estudantes (concepções prévias sobre NdC) apresentadas no “Questionário Inicial VOSE-RCN” (Questão 8).

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Elementos que sinalizam a presença de uma narrativa pseudo-histórica em textos acadêmicos;
- Concepções prévias (e até mesmo de senso comum) sobre a “Natureza da Ciência” (NdC).

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h10min** [60 minutos]:

Aula Expositiva-Dialogada.

- Pergunta Problematicadora 1: “Qual o papel (ou a função) da “**metodologia científica**” em uma pesquisa/investigação?”

[10 minutos para reflexão e elaboração de respostas iniciais].

- Pergunta Problematicadora 2: “Há diferenças significativas entre a “**metodologia científica**” empregada nas “ciências naturais” (Física), nas “ciências da saúde” (Medicina) e nas “ciências sociais” (Ensino de Física)? Se sim, quais?”

[10 minutos para reflexão e elaboração de respostas iniciais].

- Pergunta Problematicadora 3: “Há semelhanças significativas entre a “**metodologia científica**” empregada nas “ciências naturais” (Física), nas “ciências da saúde” (Medicina) e nas “ciências sociais” (Ensino de Física)? Se sim, quais?”

[10 minutos para reflexão e elaboração de respostas iniciais].

- Socialização das respostas (escrever no quadro-branco) [30 minutos].

**20h10min** □ **21h10min** [60 minutos]:

- Discutir e refletir sobre os conceitos metacientíficos de “**método científico**”, “**neutralidade metodológica**” e “**objetividade**”.

[60 minutos. Aula expositiva-dialogada. Apresentação de slides no programa *powerpoint*, fundamentada nos trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001) e Moreira e Ostermann (1993)].

- O “**método científico**” é o padrão a ser seguido em todas as investigações científicas (**método científico universal**).
- Pergunta: *De acordo com a concepção de senso comum de “método científico”, em quais etapas da investigação científica a imaginação e a criatividade ou o raciocínio por analogia estão presentes?* (**visão mecânica, rígida, exclusivamente metódica**).
- Pergunta: *A construção do conhecimento científica realmente começa com a “observação” de um fenômeno, quase sempre se tratando de uma anomalia ou problema?* (**visão indutivista**).
- A investigação científica é considerada rigorosa e diligente quando conduzida por meio de um procedimento lógico, algorítmico, rígido e sequencial (**visão rígida e infalível**).
- O emprego do “**método científico**” possibilita a “**comprovação empírica**”, isto é, validam-se as “**teorias científicas**” de caráter hipotético e, com o passar do tempo, podem alcançar o status de “**leis científicas**” (**visão empírico-indutivista**).
- O desenvolvimento científico ocorre de forma cumulativa e com crescimento linear (**visão acumulativa e linear**).
- Uma vez comprovado empiricamente, empregando-se o método científico, esse determinado conhecimento se torna verdadeiro e definitivo (**visão dogmática e fechada**).
- O conhecimento científico é desenvolvido de maneira individual e isolada (**visão individualista e elitista**).

**21h10min - 21h30min:** Intervalo de descanso [20 minutos]:

**21h30min □ 22h30min** [60 minutos]:

Apresentação e comentários sobre alguns resultados parciais “Questionário Inicial VOSE-RCN”:

- **Sobre o Processo de Investigação Científica** (Questão 08)
  - Leitura e análise da questão e dos itens declarativos sugeridos na questão [10 minutos]
  - Exemplos de justificativas apresentadas pelos estudantes quando manifestaram “discordância” em relação a algum item declarativo [20 minutos]
  - Resultados. Gráficos e Tabelas [10 minutos]
  - Respostas de estudantes da “educação básica” [10 minutos]
  - Solicitar a continuação da escrita do seguinte parágrafo: “*A Ciência é uma atividade humana que requer o uso de “metodologias científicas” por seus profissionais (...)*”

**22h30 □ 23h30min** (30 minutos):

Orientações quanto às próximas semanas (mês de maio):

- Memórias & Reflexões (**02 de maio de 2023**).
- Relatório Experimental do Efeito Fotoelétrico (**02 de maio**).
- Viagem no mês de maio de 2023 do professor Ronivan Suttini.
- Leitura e análise do Capítulo 03 – Tese de Doutorado [Oliveira, 2009] – Teoria Ondulatória da Luz (**22 de maio**).
- Leitura e análise do artigo “Heinrich descobriu o efeito fotoelétrico?” (Mangili, 2012) (**29 de maio**).
- Leitura prévia e análise crítica da Palestra Nobel de Phillip Lenard (**06 de junho de 2023**).
  - Definição dos grupos para o “**Seminário Coletivo n. 2**”.
  - Disponibilizar os textos históricos para cada grupo

Leitura Complementar:

- ✓ Texto 7: Para uma Imagem Não Deformada do Trabalho Científico (Gil-Pérez *et al.*, 2001).
- ✓ Texto 8: Sobre o Método Científico (Moreira; Ostermann, 1993).

## VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula



- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 7.
- Entrega da lista exercícios (conceituais) referente ao fenômeno do efeito fotoelétrico.
- Disponibilizar Texto 9: Capítulo 03: Desvelando a Natureza da Luz no Século XIX (Oliveira, 2019).

### Pergunta Dirigida para leitura e análise crítica do Texto 9:

Segundo Gil-Pérez *et al.* (2001), as principais concepções distorcidas sobre o trabalho científico são aquelas que retratam as ciências como uma atividade: que elimina dúvidas e incertezas, ambiguidades e controvérsias unicamente por meio de observações experimentais diligentes, as quais seriam suficientes para o desenvolvimento de leis e teorias científicas (1. **visão empírico-indutivista e a-teórica**); baseada na utilização rigorosa de um “método científico universal” que dispensa a criatividade e a imaginação, bem como desconsidera a influências de fatores subjetivos na investigação (2. **visão rígida – algorítmica, exata e infalível**); que produz conhecimentos neutros e objetivos, que não estão sujeitos a questões éticas, sociais e políticas, e que não são influenciados pelos problemas científicos e tecnológicos do período histórico-social em que estão imersos (3. **visão aproblemática e a-histórica**); compreendida por meio de uma abordagem analítica e reducionista, que fragmenta os fenômenos naturais em partes menores para serem estudadas isoladamente, desconsiderando a complexidade e a interdependência entre as diferentes áreas de pesquisa (4. **visão exclusivamente analítica**); que avança de forma contínua, aumentando linearmente o “estoque de conhecimento científico” mediante acúmulos de evidências experimentais (5. **visão acumulativa e de crescimento linear**); produzida apenas por alguns indivíduos excepcionais e talentosos (em geral, homens brancos geniais de nacionalidade europeia) que trabalham isoladamente (6. **visão individualista e elitista**); que não é influenciada por valores socioculturais ou pelos contextos histórico, cultural, social, político, econômico (7. **visão descontextualizada e socialmente neutra**).

Em que medida, a leitura, análise, discussão e reflexão sobre as informações apresentadas no texto histórico disponibilizado (Capítulo 3 - Episódio Histórico: panorama geral sobre a óptica na Primeira metade do século XIX) podem ser utilizadas para problematizar cada uma das setes imagens distorcidas sobre o trabalho científica identificadas por Gil-Pérez *et. al.* (2001)? Cite trechos específicos do texto histórico que poderiam ser utilizados como apoio argumentativo para a problematização.

GIL-PÉREZ, D. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 02, p. 125-153, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 8 (02 de maio de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- Teoria corpuscular e ondulatória da luz nos séculos XVII e XVIII;
- A teoria ondulatória no século XIX: Thomas Young e Augustin Fresnel;
- Aspectos da Natureza da Ciência

### III. Objetivos da Aula

- Apresentar os fenômenos da luz conhecidos no século XVII e XVIII: propagação linear, reflexão, refração, as cores, dupla refração e polarização.
- Discutir a teoria corpuscular da luz e a ondulatória sob o ponto de vista de Newton e Huygens, respectivamente.
- Discutir os principais elementos a teoria ondulatória da luz de Thomas Young;
- Discutir os principais elementos a teoria ondulatória da luz de Augustin Fresnel.
- Discutir os elementos de Natureza da ciência no passagem da teoria corpuscular para a teoria ondulatória da luz.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunções)

- Teorias (antigas e modernas) sobre a luz;
- Leitura prévia dos capítulos 2 e 3 da tese “Natureza da Ciência por meio de Narrativas Históricas: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX” (Oliveira, 2019).

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Entrega de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h10min** [60 minutos]:

Aula expositiva-dialogada: As contribuições de Isaac Newton para a teoria corpuscular da luz e Christian Huygens para a teoria ondulatória da luz.

(Apresentação de slides no programa *powerpoint*).

**20h10min** □ **21h10min** [60 minutos]:

Aula expositiva-dialogada: As contribuições de Thomas Young para a teoria ondulatória da luz.

(Apresentação de slides no programa *powerpoint*).

**21h10min** □ **22h10min** [60 minutos]:

Aula expositiva-dialogada: As contribuições de Augustin Fresnel para a teoria ondulatória da luz.



(Apresentação de slides no programa *powerpoint*).

### VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## **VII. Encaminhamentos para Próxima Aula**

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 8.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 9 (09 de maio de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- O experimento de Hans Christian Oersted.
- As interpretações de Oersted, Ampère e Biot-Savart do experimento da interação corrente elétrica e agulha magnética;
- A teoria eletromagnética de James Clerk Maxwell

### III. Objetivos da Aula

- Apresentar o experimento fundamental para o desenvolvimento do que hoje denominamos teoria clássica do eletromagnetismo.
- Discutir em detalhes o experimento de Oersted.
- Discutir as três principais interpretações dos resultados do experimento, a saber: Oersted, Ampère e Biot-Savart;
- Apresentar e discutir o desenvolvimento da teoria eletromagnética a partir das linhas de força de Faraday até as ondas eletromagnética obtida teoricamente por Maxwell.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Interações entre eletricidade e magnetismo (desenvolvidos ao longo da disciplina de Física III);
- Leitura prévia dos textos: “*Experiências sobre o efeito do conflito sobre a agulha magnética*” de Oersted; O trecho do artigo de Maxwell, “Uma Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético”, publicado no *Philosophical Transactions*, vol. 155, p. 495, 1865.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h10min** [60 minutos]:

Aula Expositiva: O experimento de Oersted.

**20h10min** □ **21h10min** [60 minutos]:

Aula Expositiva: Interpretações do experimento de Oersted.

**21h10min** □ **22h10min** [60 minutos]:



Aula Expositiva: Desenvolvimento da teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell.

### VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

### VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 9.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 9 (09 de maio de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- As descobertas das novas radiações no final do século XIX
- O problema da radiação do corpo negro

### III. Objetivos da Aula

- Apresentar o desenvolvimento técnico das bombas de vácuo e fontes de alta-tensão para os estudos das radiações.
- Discutir as radiações em gases rarefeitos com ênfase nos raios catódicos.
- Discutir os experimentos de Roentgen sobre os raios X.;
- Apresentar e discutir a tentativa de unificação de diferentes ramos da física, por exemplo, a mecânica com o eletromagnetismo a termodinâmica com o eletromagnetismo e a óptica;
- Apresentar o surgimento dos quântos e o problema da radiação do corpo negro.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Conceitos introdutórios de Física Moderna (desenvolvidos ao longo da disciplina de Física IV);
- Leitura prévia dos textos:
  1. MARTINS, Roberto de Andrade. A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 20, n. 24, p. 373-391, 1998.
  2. MARTINS, Roberto de Andrade; ROSA, Pedro Sérgio. **História da Teoria Quântica: a dualidade onda-partícula de Einstein a De Broglie**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014, Capítulo 1.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h40min** [90 minutos]:

Aula Expositiva: As descobertas das novas radiações no final do século XIX.

**21h00min** □ **22h30min** [60 minutos]:

Aula Expositiva: Teoria dos quântos e radiação do corpo negro.

### VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).



### VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 10.

- (Leitura prévia para próxima aula). Entregar Texto 12: “Heinrich Rudolph Hertz e a ‘descoberta’ do efeito fotoelétrico: um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula” (Mangili, 2012).

Questões Problematizadoras:

- ✓ Qual a **ideia-matriz** apresentada no Texto 12?
- ✓ Quais as possíveis intencionalidades do autor do texto? E dos professores da disciplina?
- ✓ Qual(is) trecho(s) você considerou mais importante (ou interessante)?
- ✓ Existem pontos de discordância em relação à algumas das afirmações do autor?
- ✓ Do ponto de vista dos elementos conceitual, procedimental e epistemológico, qual sua avaliação sobre a qualidade do texto escrito?
- ✓ Afinal de contas, em 1887, Heinrich Hertz observou ou não o efeito fotoelétrico? Se sim, essa observação foi intencional ou acidental?

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 12 (30 de maio de 2023)</p>	
---	--	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- A contribuição das investigações de Heinrich Hertz para a compreensão do efeito fotoelétrico.
- {1887} Heinrich Hertz “tropeça” e investiga um novo fenômeno elétrico.
- Narrativa pseudo-histórica do efeito fotoelétrico nos livros-didáticos do ensino superior;
- Concepções sobre a Natureza da Ciência.

### III. Objetivos da Aula

- Analisar e discutir as informações históricas apresentadas no trabalho de Mangili (2012).
- Analisar e discutir os diferentes aspectos sobre a “Natureza da Ciência” que se destacam no trabalho de Mangili (2012)
- Problematicar o uso de alguns termos (palavras) considerados “inapropriados” e “inadequados” na elaboração de um texto de história das ciências.
- Analisar e discutir o texto histórico (fonte primária, em inglês) “*On the Effect of Ultraviolet Light upon the Electric Discharge*” [Sobre um Efeito da Luz Ultravioleta na Descarga Elétrica] (Hertz, 1887).

### IV. Conceitos Prévios (Subsúnceres)

- Teoria clássica do eletromagnetismo de James Maxwell (Física Clássica)
- Narrativas pseudo-históricas presentes em textos acadêmicos e em livros-didáticos;
- Concepções sobre a Natureza da Ciência.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h30min** [20 minutos]:

Breves comentários sobre a forma” e o conteúdo do relato da contribuições das investigações de H. Hertz para compreensão do efeito fotoelétrico apresentado no “Relatório Científico-Experimental”.

**19h30min** □ **20h10min** [40 minutos]:

Socialização das percepções dos estudantes sobre a leitura do Texto 12: “Heinrich Rudolph Hertz e a ‘descoberta’ do efeito fotoelétrico: um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula” (Mangili, 2012). Perguntas orientadoras:

1. Qual a **ideia-matriz** apresentada no texto analisado?
2. Quais as possíveis intencionalidades do autor do texto? E dos professores da disciplina?
3. Qual(is) trecho(s) você considerou mais importante (ou interessante)?
4. Existem pontos de discordância em relação à algumas das afirmações do autor?
5. Do ponto de vista dos elementos conceitual, procedimental e epistemológico, qual sua avaliação sobre a qualidade do texto escrito?
6. Afinal de contas, H. Hertz descobriu ou não o efeito fotoelétrico? Se sim, foi intencional ou acidental?
- 7.

**20h10min □ 20h30min [20 minutos]:**

- Destacar que além dos elementos de “*pseudo-história*” e de “*natureza da ciência*”, o uso de alguns termos (palavras) considerados “inapropriados” e “inadequados” na elaboração de um texto de história da ciência serão problematizados e discutidos nessa aula, em especial: “**descoberta**”, “**comprovar**” e “**prova rigorosa**” [15 minutos].
- Mencionar outros problemas textuais recorrentes na escrita do trabalho de Mangili (2012).

**20h30min – 20h45min [15 minutos]:**

- Assistir vídeo do “*Episódio 3 – “A História da Eletricidade*”, que aborda historicamente o famoso experimento no qual Heinrich Hertz observa pela primeira vez as ondas eletromagnéticas previstas por James C. Maxwell (15 minutos iniciais do episódio)

**20h45min – 21h00min: Intervalo de descanso [15 minutos]:****21h00min – 22h15min [75 minutos]**

- Analisar e discutir detalhadamente o texto original “*On the Effect of Ultraviolet Light upon the Electric Discharge*” [Sobre um Efeito da Luz Ultravioleta na Descarga Elétrica] (Hertz, 1887). Não será exigida a leitura do texto (em inglês) por partes dos estudantes. Os professores, com auxílio de projetor, farão comentários sobre cada um dos 18 itens (parágrafos) discutidos no artigo.
  - ✓ Hendrick H. Hertz suspeita e investiga a existência de um “novo fenômeno elétrico”.
  - ✓ A ‘investigação meticulosa’ conduzida por Hendrick Hertz e a observação (“descoberta”) intencional do efeito fotoelétrico.
  - ✓ As investigações iniciais sobre um “novo fenômeno elétrico” (1887 – 1900): Wilhelm Hallwachs; Augusto Righi; Stoletow; Geitel; Elster e outros;
  - ✓ O que são investigações fenomenológicas?

**22h15min – 22h30min (15 minutos)**

Observação da forma e do conteúdo do relato histórico das contribuições das investigações de H. Hertz para compreensão do efeito fotoelétrico apresentado nos livros didáticos do ensino superior (descoberta acidental e imediata; pressupõe a existência dos elétrons).

- Halliday & Resnick (2016):
- Sears & Zemansky (2016):
- Moysés Nussenzveig (2014)
- Paul Tipler & Ralph Llewellyn (2017)
- Eisberg & Resnick (1985)
- Alonso & Finn (2000)

**22h30min □ 23h00min:**

- Orientação para próximas atividades:
  - ✓ (Re)análise das seções de “Fundamentação Teórica e Contextualização Histórica no Relatório Científico-Experimental”.
  - ✓ Observar as imagens distorcidas da ‘natureza das ciências’ presentes no “Relatório Científico-Experimental”.
  - ✓ Observar os elementos de *pseudo-história* das ciências presentes no “Relatório Científico-Experimental”.
  - ✓ (Re)escrever a contextualização histórica do efeito fotoelétrico no “Relatório Científico-Experimental”.
    - **Momento 1** – A contribuição de H. Hertz e as primeiras investigações sobre o efeito fotoelétrico: (re)escrever dois parágrafos.

Texto histórico (fonte primária) para próxima aula:

- **Momento 2** – As contribuições das investigações experimentais de Philipp Lenard (1902) para a compreensão do efeito fotoelétrico.

## VI. Avaliação

- Respostas às “Questões Problematicadoras” referente ao trabalho de Mangili (2012).
- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 12.
- Organizar a atividade de leitura prévia e solicitação de análise crítica do Texto 14: Palestra Nobel de Philipp Lenard (1906): “Sobre os Raios Catódicos” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b).
- Entrega das “Questões Problematicadoras” sobre aspectos da “natureza das ciências” a serem consideradas durante a leitura do Texto 14: Palestra Nobel de Philipp Lenard (1906): “Sobre os Raios Catódicos” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b). A turma foi dividida em seis grupos, e cada grupo ficou responsável uma pergunta que trata de uma das imagens distorcidas sobre a ‘natureza da ciência’, conforme o trabalho de Gil-Pérez *et al.* (2001). Todos os estudantes deviam responder à Questão n. 7.

**Questões Problematicadoras** (responder previamente para próxima aula):

**[Grupo 1 - Questão 1] Visão Aproblemática e A-histórica (dogmática e fechada).** Transmite a imagem de que conhecimentos científicos foram produzidos sem qualquer tipo de vínculo com a demanda por solução para problemas sociais e/ou tecnológicos referente ao período histórico de seu desenvolvimento. “[...] *transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. Perde-se assim de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo o conhecimento é a resposta a uma pergunta”, isto é, a um problema/situação problemático, o que dificulta a captação, bem como a compreensão da racionalidade de todo o processo e empreendimento científicos*” (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 131).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp E. A. von Lenard – Tradução Nobel Lecture de 1906**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão aproblemática e a-histórica* da ‘Natureza da Ciência’? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica no processo de construção do conhecimento científico? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**[Grupo 2 - Questão 2] Visão Individualista e Elitista:** Retrata a atividade científica como uma produção realizada por gênios que trabalham de forma isolada. “*Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes. Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria*” (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 133).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp E. A. von Lenard – tradução Nobel Lecture de 1906**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão*

*individualista e elitista* a ‘Natureza da Ciência’? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica no processo de construção do conhecimento científico? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**[Grupo 3 - Questão 3] Visão Empírico-Indutivista.** Desconsidera as influências teóricas e os valores socioculturais sobre as observações experimentais. “*É uma concepção que destaca o papel ‘neutro’ da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis que orientam todo o processo*” (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 129).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: Nobel Lecture Phillip Lenard (1906)**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão empírico-indutivista* da ‘Natureza da Ciência’? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o ambiente de controvérsias históricas nas ciências? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**[Grupo 4 - Questão 4] Visão Rígida (algorítmica, exata e infalível).** Baseada na aplicação de um método universal (*Método Científico Experimental Hipotético-Dedutivo*) na investigação científica, o qual dispensa a criatividade e a imaginação humana. “*Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida, (...) a preocupação, quase obsessiva, em evitar a ambiguidade e em assegurar a fiabilidade das avaliações, distorce a natureza do trabalho científico, essencialmente incerto e também com algo de intuitivo e, por certo, reflexivo* (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 130).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp E. A. von Lenard – tradução Nobel Lecture de 1906**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão rígida (algorítmica, exata e infalível)* da ‘Natureza da Ciência’? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o ambiente de controvérsias históricas nas ciências? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**[Grupo 5 - Questão 5] Visão Acumulativa de Crescimento Linear.** Descreve o desenvolvimento científico como um crescimento constante mediante acúmulos de evidências experimentais - (progresso científico). “*O desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo (...) que ignora as crises e as remodelações profundas (...) fruto de processos complexos que não se desejam e deixam moldar por nenhum modelo pré-definido de mudança científica (...)*” (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 132).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp E. A. von Lenard – tradução Nobel Lecture de 1906**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão acumulativa de crescimento linear* sobre o desenvolvimento científico? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o ambiente de controvérsias históricas nas ciências? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece



essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**[Grupo 6 - Questão 6] Visão Exclusivamente Analítica.** Compreendida por meio de uma abordagem analítica e reducionista, que fragmenta os fenômenos naturais em partes menores para serem estudadas isoladamente, desconsiderando a complexidade e a interdependência entre as diferentes áreas de pesquisa. Essa visão transmite uma imagem sobre a NdC analítica e reducionista, realçando somente na necessária divisão parcelar dos estudos em partes cada vez menores, visando aprofundar a compreensão dos fenômenos naturais. As áreas de pesquisas e as disciplinas científicas são retratadas como estudadas isoladamente, desconsiderando e omitindo intencionalmente a complexidade, a interdependência e possíveis unificações entre os diferentes campos de estudo. Dessa forma, “*esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, ou o tratamento de “problemas-ponte” entre diferentes campos de conhecimento que podem chegar a unificar-se, como já se verificou tantas vezes e que a História da Ciência evidencia*” (Gil-Pérez *et al.*, 2001, p. 131-132).

Em que medida, a leitura do “**Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp E. A. von Lenard – tradução Nobel Lecture de 1906**” possibilita a discussão, reflexão e argumentação epistemológica a respeito da *visão exclusivamente analítica* sobre o desenvolvimento científico? Como essa discussão/reflexão se relaciona com o ambiente de controvérsias históricas nas ciências? Em sua opinião, em geral, o texto reforça ou enfraquece essa imagem deformada do trabalho científico? Em suas justificativas, cite trechos específicos no texto que corroboram suas afirmações.

**(Para TODOS os grupos) Questão 07.** Agora que você possui informações mais precisas e mais detalhadas sobre o contexto histórico das investigações científicas de Phillip Lenard, faça uma análise comparativa com o relato apresentado tanto em seu “Relatório Científico-Experimental” quanto no livro-didático que você (e seu grupo) utilizou para ministrar o “Seminário Coletivo n. 1” (Semana 5) sobre o efeito fotoelétrico.

- (a) Quais elementos de pseudo-história podem ser identificados?
- (b) Quais informações apresentadas no livro-didático não condizem com o relato de Phillip Lenard em sua *Nobel Lecture*?
- (c) De que maneira, esses elementos de pseudo-história contribuem para reforçar uma imagem deformada do trabalho científico nas aulas de física?

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 13 (06 de junho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- {1898-1902} As investigações experimentais de Phillip Lenard sobre o efeito fotoelétrico.
- Narrativa pseudo-histórica do efeito fotoelétrico nos livros-didáticos do ensino superior;
- Concepções sobre a Natureza da Ciência.

### III. Objetivos da Aula

- Analisar e discutir os saberes *conceituais, procedimentais e epistemológicos* apresentados no “Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp Lenard – tradução *Nobel Lecture* de 1906”.
- Identificar, por meio da abordagem investigativa, quais aspectos sobre a Natureza da Ciência que se destacam na *Nobel Lecture* de Lenard (1906) e são fecundos para problematização.
- Avaliar, até que ponto, a análise e leitura crítica do Texto 14 possibilita a promoção de discussões, reflexões e contra argumentações epistemológicas a respeito das principais imagens distorcidas do trabalho científico, conforme relatadas por Gil-Pérez *et al.* (2001).
- Analisar e discutir os possíveis elementos de pseudo-história do feito fotoelétrico presentes nos livros-didáticos em comparação com as informações apresentadas no Texto 14 (Lenard, 1906).

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Estrutura da Matéria
- Teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell (Física Clássica).
- O fenômeno do efeito fotoelétrico (leis, teorias, equação fotoelétrica, função trabalho etc.).
- Narrativas pseudo-históricas presentes em textos acadêmicos e em livros-didáticos.
- Concepções sobre a “Natureza da Ciência” e imagens distorcidas do trabalho científico.

### V. Procedimentos de Ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h40min** [30 minutos]:

- Comentários gerais dos estudantes sobre as facilidades e dificuldades de leitura, compreensão, relevância, interesse, motivação em relação ao Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp Lenard – tradução da *Nobel Lecture* de 1906” [20 minutos].
- Explicação justificativa dos professores para escolha da análise do texto histórico *Nobel Lecture* de Philipp Lenard (1906) e alguns comentários sobre o físico alemão [10 minutos].

**19h40min** □ **20h40min** [60 minutos]:

- **Grupo 1:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 2:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 3:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.

**20h40min** □ **21h00min:** Intervalo de descanso [20 minutos]:

**21h00min** □ **22h00min** [60 minutos]:

- **Grupo 4:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 5:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 6:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.

**Observações:**

- Dar ênfase nas discussões e reflexões sobre os aspectos da ‘Natureza da Ciência’.
- Dar ênfase quanto à presença de elementos em narrativas pseudo-históricas do efeito fotoelétrico nos livros-didáticos de ensino superior

**22h00min** □ **22h30min** [30 minutos]:

Breves comentários visando apresentar o Texto 15: “*A Física Alemã sob a Liderança de Philip Lenard e Johannes Stark*” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b).

- Explicitar o significado conceito de “*neutralidade científica*”;
- Destacar a importância das discussões sobre questões éticas, morais e políticas;
- Comentários sobre a escolha e elaboração do texto pelos professores;
- Comentários sobre a estrutura e organização do texto;
- Principais trechos, destaques e informações relevantes.

**22h30min** □ **23h00min:** Margem de Tempo de Segurança.



## VI. Avaliação

- Respostas às “Questões Problematizadoras” referente à Texto 14 (Lenard, 1906).
- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 13.
- Organizar a atividade de leitura prévia e solicitação de análise crítica do Texto 14: Palestra Nobel de Philipp Lenard (1906): “Sobre os Raios Catódicos” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b).
- Entrega da “Questões Problematizadora” sobre aspectos da “natureza das ciências” a serem consideradas durante a leitura do Texto 15: “A Física Alemã sob a Liderança de Philip Lenard e Johannes Stark” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b).

**Observação:** O desenvolvimento da aula não ocorreu totalmente conforme o planejamento descrito. Isso porque observou-se que os primeiros três grupos de estudantes apresentaram muitas dificuldades de compreensão em relação àquilo que efetivamente tinha sido indagado nas “questões problematizadoras” propostas para análise e leitura crítica do Texto 14. Logo, as discussões, reflexões, comentários e esclarecimentos demandaram um tempo muito maior que o previsto inicialmente. Na aula seguinte, deu-se prosseguimento das discussões com as respostas elaboradas pelos grupos 4, 5 e 6 e leitura do Texto 15.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 14 (13 de junho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- {1898-1902} As investigações experimentais de Phillip Lenard sobre o efeito fotoelétrico.
- Narrativa pseudo-histórica do efeito fotoelétrico nos livros-didáticos do ensino superior;
- Concepções sobre a Natureza da Ciência.

### III. Objetivos da Aula

- Analisar e discutir os saberes *conceituais, procedimentais e epistemológicos* apresentados no “Texto 14: “Sobre os Raios Catódicos”, por Philipp Lenard – tradução *Nobel Lecture* de 1906”.
- Avaliar, até que ponto, a análise e leitura crítica do Texto 14 possibilita a promoção de discussões, reflexões e contra argumentações epistemológicas a respeito das principais imagens distorcidas do trabalho científico, conforme relatadas por Gil-Pérez *et al.* (2001).
- Compreender o contexto sociopolítico alemão que possibilitou a gênese e o desenvolvimento do movimento nazista “Física Alemã” entre os anos de 1920 e 1938.
- Compreender o contexto científico-filosófico de apropriação indevida por Philipp Lenard e Johannes Stark das discussões epistemológicas legítimas envolvendo o papel da matemática e das hipóteses especulativas no processo de construção de teorias científicas.
- Analisar e discutir as possíveis implicações de questões éticas, políticas e morais envolvendo a atividade científica.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Estrutura da Matéria
- Teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell (Física Clássica).
- O fenômeno do efeito fotoelétrico (leis, teorias, equação fotoelétrica, função trabalho etc.).
- Narrativas pseudo-históricas presentes em textos acadêmicos e em livros-didáticos.
- Concepções sobre a “Natureza da Ciência” e imagens distorcidas do trabalho científico.

### V. Procedimentos de Ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h40min** [30 minutos]:

- Comentários gerais dos estudantes sobre as facilidades e dificuldades de leitura, compreensão, relevância, interesse, motivação em relação ao Texto 14.

**19h40min** □ **20h40min** [60 minutos]:

- **Grupo 4:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 5:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.
- **Grupo 6:** Discussão das respostas às questões problematizadoras propostas para o Texto 14.

**20h40min** □ **21h00min.** Intervalo de descanso [20 minutos]:

**21h00min** □ **22h30min** [30 minutos]:

Leitura (em voz alta) comentada do Texto 15: “*A Física Alemã sob a Liderança de Philip Lenard e Johannes Stark*” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2023b).

- Explicitar o significado conceito de “*neutralidade científica*”;
- Destacar a importância das discussões sobre questões éticas, morais e políticas;
- Comentários sobre a escolha e elaboração do texto pelos professores;
- Comentários sobre a estrutura e organização do texto;
- Principais trechos, destaques e informações relevantes.



**22h30min** □ **23h00min**: Margem de Tempo de Segurança.

## VI. Avaliação

- Respostas às “Questões Problematicadoras” referente à Texto 14 (Lenard, 1906).
- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 14.
- Entregar Texto 16: “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz” (Einstein, 1905) para leitura prévia.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 15 (20 de junho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- {1905} A Interpretação Heurística de ‘quantum de luz’ por Albert Einstein.

### III. Objetivos da Aula

- Analisar e discutir o artigo publicado por Einstein em 1905, no qual ele apresenta sua hipótese heurística de “*quanta* de luz”.
- Analisar e discutir os diferentes aspectos sobre a “Natureza da Ciência” que se destacam no artigo de Einstein (1905).
- Analisar e discutir os diferentes elementos de pseudo-história da ciência que foram criados ao longo dos anos a partir do artigo de Einstein (1905).

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunções)

- Teoria clássica do eletromagnetismo da Luz de James C. Maxwell (Física Clássica).
- Termodinâmica Estatística (Princípio de Boltzmann - Entropia) (NUSSENZVEIG, Moysés H. Fluidos, Oscilações & Ondas e Calor – vol. 2, 2002 [p. 285 – 290].
- O fenômeno do efeito fotoelétrico (leis, teorias, equação fotoelétrica, função trabalho etc.).
- Narrativas pseudo-históricas presentes em textos acadêmicos e em livros-didáticos.
- Concepções sobre a “*Natureza da Ciência*”.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h20min** [10 minutos]:

Aula Expositiva e Dialogada. Apresentação de slides com auxílio do programa *powerpoint*.

Tempo destinado à apresentação de considerações gerais sobre o artigo de Einstein (1905): “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz”.

- *O que é um ponto de vista heurístico (análise do título do artigo)?*
- *Observação da estrutura geral do Artigo de Einstein (1905)*

**19h20min** □ **19h40min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção de “*Introdução*”. Ideias principais:

- Justificativa / Lacuna (problema)
- Apresentação da hipótese heurística de “*quanta* de luz”
- Objetivo principal
- Princípio metafísico subjacente empregado por Einstein (1905).

**19h40min** □ **20h00min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §1. *Sobre uma Dificuldade em Relação à Teoria da Radiação de Corpo Negro.*

Ideias principais:

- Modelo de Planck para “Radiação de Corpo Negro”.
- Teorema da Equipartição da Energia (Teoria Cinética dos Gases - Termodinâmica)
- Justificativa / Lacuna (inconsistência do modelo de Planck com a “equipartição da energia”)
- Catástrofe do Ultravioleta e equação de Rayleigh-Jeans

**20h00min** □ **20h20min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §2. *Sobre a Determinação de Planck dos Quanta Elementares*

- O que são os “quanta elementares”?
- Parâmetros que caracterizam a condição inicial de alta densidade de energia.
- Determinação da massa de 1 átomo de hidrogênio pela equação de Rayleigh-Jeans
- Rejeição ao uso do Modelo de Planck para “Radiação de Corpo Negro”

**20h20min** □ **20h40min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §3. *Sobre a Entropia da Radiação.*

- Recordação do conceito de “Entropia”
- Recordação do Princípio de Boltzmann (interpretação estatística da entropia)
- Apresentação do Modelo de Wien para a “Radiação de Corpo Negro”
- Condições de domínio de validade do Modelo de Wien
- Definição do Conceito de Entropia e Entropia da Radiação

**20h40min** □ **21h00min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §4. *Lei Limite [forma assintótica] da Entropia da Radiação Monocromática em Baixa Densidade de Radiação*

- Entender que a “Entropia” de uma radiação [eletromagnética] monocromática de baixa densidade varia com o volume da mesma forma que a “Entropia” de um gás ideal ou de uma solução diluída.
- Comparação entre “Entropia da Radiação” e a “Entropia de um Sistema Gasoso”.

**21h00min** □ **21h20min.** Intervalo de descanso [20 minutos]:

**21h20min** □ **21h40min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §5. *Investigação Teórico-Molecular da Dependência da Entropia de Gases e Soluções de Diluídas em Relação ao Volume*

- Recordação do Princípio de Boltzmann (entropia)
- Interpretar a equação da entropia [S] da radiação (Seção §4.) sobre as bases do princípio introduzido na Física pelo físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844 – 1906), isto é, sobre as bases da “termodinâmica estatística”.
- Para maiores detalhes, ver: NUSSENZVEIG, Moysés H. Fluidos, Oscilações & Ondas e Calor – vol. 2, 2002 [p. 285 – 290].

**21h40min** □ **22h00min** [20 minutos]:

Análise, discussão e leitura comentada da seção §6. *Interpretação da Expressão para a Dependência da Entropia da Radiação Monocromática com o Volume de acordo com o Princípio de Boltzmann*

- Entender que “(...) a radiação monocromática [de densidade suficientemente baixa] se comporta, no que diz respeito à dependência de sua entropia em relação ao volume, como se fosse um meio descontínuo constituído por quanta com energia de magnitude  $R\beta v/N$ ” (p. 10).

- Comparar as equações para o cálculo da VARIACÃO DA ENTROPIA  $[\Delta S]$  obtidas anteriormente ao final das Seções §4 (radiação eletromagnética monocromática) e §5 (sistema termodinâmico estatístico).

**Observação:** Não serão feitas as demonstrações matemáticas detalhadas em sala de aula. O artigo de Einstein, sem dúvida, está longe de ser trivial; muito pelo contrário, apresenta um conteúdo matemático bastante complexo. Tais demonstrações exigem pré-requisitos de Mecânica Estatística, uma disciplina que, provavelmente, não integra a grade curricular da licenciatura e, mesmo no bacharelado, pode não ser cursada por estudantes do 5º Período. Entre os conhecimentos prévios (subsunçores) listados, destaca-se “Termodinâmica Estatística” (Princípio de Boltzmann – Entropia), cuja versão introdutória, apresentada por Nussenzveig (2002, v. 2, p. 285-290), foi sugerida para leitura prévia.

**22h00min □ 22h30min:**

Análise, discussão e leitura comentada da seção §8. *Sobre a Produção de Raios Catódicos por meio da Iluminação de Corpos Sólidos*

- Apresentação da equação fotoelétrica
- Não contradição com os resultados experimentos de P. Lenard (1902)
- Predição inédita de uma relação linear entre o “**potencial de corte**” dos fotoelétrons e a **frequência** de radiação incidente.
- Breves comentários sobre o artigo Einstein (1906): “*Em minha opinião, as considerações acima não contradizem, como um todo, a teoria da radiação de corpo negro de Planck; pelo contrário, elas parecem-me mostrar que com sua teoria da radiação, o Sr. Planck introduziu na Física um novo elemento hipotético: a hipótese de quanta de luz*” (Einstein, 1906, p. 196).
- Citações de outros cientistas em relação à hipótese de “*quanta de luz*”:

**22h30min □ 23h00:** Margem de Tempo de Segurança.



Sugerir análise e leitura final (extraclasse) das seções §7. *Sobre a Regra de Stokes* e seção §9. *Sobre a Ionização de Gases por Luz Ultravioleta*.

## VI. Avaliação

- Participação *in loco* individual e/ou coletiva em debates, discussões e reflexões.
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso.
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (*livre criação do estudante*).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Definir data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 15.
- Entregar Texto 17: “Tentativas clássicas de interpretação do efeito fotoelétrico – Parte 1: as hipóteses de Philipp Lenard, Arthur Haas e J. J. Thomson” (Suttini, Caluzi, Errobidart, 2024).
- Organizar a apresentação do Seminário Coletivo n. 2.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 16 (27 de junho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- {1910 – 1913} Tentativas clássicas (não einsteinianas) de interpretação do efeito fotoelétrico – Parte 1: as hipóteses de Philipp Lenard (1902), Arthur Haas (1910) e J. J. Thomson (1910, 1913)”.

### III. Objetivos da Aula

- Reconhecer que durante o período de 1902 e 1913 foram propostos modelos científicos que, até certo ponto, foram bem-sucedidos na compreensão do efeito fotoelétrico, fundamentados na teoria clássica do eletromagnetismo.
- Reconhecer que a rejeição (de 1905 a 1921) à “hipótese de quantum de luz” estava embasada tanto em fundamentos teóricos quanto empíricos, e não somente em crenças pessoais dogmáticas na teoria clássica do eletromagnetismo.
- Reconhecer que as limitações do conhecimento científico, em uma certa época, possibilitam diferentes interpretações, igualmente válidas, para mesma base empírica disponível, resultando em um ambiente de intensos debates e controvérsia científica.
- Entender conceitualmente a “hipótese de gatilho” proposta por Philipp Lenard em 1902.
- Entender conceitualmente a tentativa clássica de interpretação eletrodinâmica do “quantum de ação elementar” de Max Planck, realizada por Arthur Haas em 1910.
- Entender conceitualmente as duas hipóteses clássicas (modelos atômicos) propostas por J. J. Thomson em 1911 e 1913.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Teoria clássica do eletromagnetismo da Luz de James C. Maxwell (Física Clássica).
- Estrutura da Matéria.
- Matemática Básica (Ensino Superior em Licenciatura/Bacharelado em Física).
- Aspectos sociológicos/históricos e epistemológicos sobre a ‘Natureza da Ciência’.
- Narrativas pseudo-histórica presentes em textos acadêmicos e em livros-didáticos.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h20min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h20min** □ **20h00min** [40 minutos]:

- Apresentação do Grupo 1 – “A hipótese de gatilho” de Phillip Lenard (1902) [25 minutos].
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [15 minutos]

**20h00min** □ **20h40min** [40 minutos]:

- Apresentação do Grupo 2 – A hipótese de Arthur Hass [H. Lorentz] (1910) [25 minutos]
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [15 minutos]

**20h40min** □ **21h00min.** Intervalo de descanso [20 minutos].

**21h00min** □ **22h00min** [60 minutos]:

- Apresentação do Grupo 3 – As duas hipóteses de J. J. Thomson (1910, 1913) [40 minutos]
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [20 minutos]

**22h00min** □ **22h30min**:

- Síntese das discussões/reflexões.
- Comentários sobre aspectos da NdC e sobre a narrativas pseudo-históricas nos livros didáticos.
- Destacar a ‘omissão seletiva’ de qualquer referência às tentativas clássicas de interpretação do efeito fotoelétrico na ampla maioria dos livros didáticos.

**22h30min** □ **23h00min**: Margem de Tempo de Segurança.

## VI. Avaliação

- Ficha Avaliativa de Seminários (arguição; análises; compreensão; pontualidade; clareza etc.)
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso;
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (livre criação do estudante).

## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 16.
- Entregar Texto 18: “Uma Determinação Fotoelétrica Direta da Constante de Planck” (Millikan, 1916c)
- Organizar a apresentação do Seminário Coletivo n. 3.

### Questão Problematicadora para análise e leitura prévia do Texto 18.



Até que ponto as informações apresentadas no artigo científico de Robert Millikan (1916c), intitulado *Uma Determinação Fotoelétrica do 'h' de Planck*, permitem a realização de discussões, reflexões e contra argumentações explícitas em relação a algumas imagens distorcidas do trabalho científico identificadas no estudo de Gil-Pérez *et al.* (2001)?

Para responder à questão, em particular, considere as seguintes quatro imagens distorcidas sobre a natureza das ciências:

- Visão individualista e elitista
- Visão aproblemática e a-histórica
- Visão empírico-indutivista
- Visão rígida e infalível do "Método Científico"

Leve em consideração os seguintes "temas" para reflexão sobre a natureza das ciências:

- O papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica
- As controvérsias científicas históricas e contemporâneas
- Os métodos de coleta, observação e análise de dados.
- Diferenças epistemológicas entre "leis" e "teorias" científicas.

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 17 (04 de julho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, campus Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- {1914 -1917} As investigações experimentais de Robert Millikan sobre o efeito fotoelétrico.
- Texto 18: “Uma Determinação Fotoelétrica Direta da Constante de Planck” (Millikan, 1916c)

### III. Objetivos da Aula

- Reconhecer a importância do desenvolvimento histórico dos testes experimentais sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico no período de 1898-1917.
- Entender o funcionamento do aparato experimental construído por Millikan e colaboradores para testar a equação fotoelétrica de Einstein.
- Entender como Millikan identificou as fontes de erros experimentais nos trabalhos predecessores e realizou suas respectivas eliminações.
- Reconhecer que Millikan aceitou a validade empírica da equação fotoelétrica de Einstein, porém, rejeitou o seu modelo quântico para natureza da luz, optando por defender uma teoria da fotoemissão clássica, fundamentada nos trabalhos de J. J. Thomson.
- Analisar e discutir, por meio da abordagem investigativa, quais aspectos sobre a Natureza da Ciência que se destacam no artigo publicado por Millikan (1916c).
- Avaliar, até que ponto, a leitura crítica do artigo publicado por Millikan (1916c) possibilita discussões, reflexões e contra argumentações a respeito das imagens distorcidas do trabalho científico, conforme relatadas por Gil-Pérez et al. (2001).

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Principais elementos que indicam a presença de uma narrativa pseudo-histórias em textos acadêmicos e em livros-didáticos;
- Metodologia Científica Experimental Hipotético-Dedutiva
- Lei da Conservação da Energia
- Modelos Científicos para Estrutura Atômica
- Teoria clássica do eletromagnetismo de James C. Maxwell (Física Clássica)
- Matemática Básica (ensino superior em licenciatura/bacharelado em Física)

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula. Recebimento de Atividades. Lista de Presença.

**19h10min** □ **19h50min** [50 minutos]:

- Apresentação do Grupo A – Seção 1 (Introdução) do artigo Millikan (1916c). [30 minutos].
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [20 minutos]

**20h00min** □ **20h50min** [50 minutos]:

- Apresentação do Grupo B – Seção 2 (Arranjos Experimentais) do artigo Millikan (1916c). [30 minutos].
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [20 minutos]

**20h50min** □ **21h00min.** Intervalo de descanso [20 minutos].

**21h00min** □ **21h50min** [50 minutos]:

- Apresentação do Grupo C – Seção 3 (Fontes de Erros e suas Eliminações) do artigo Millikan (1916c). [30 minutos].
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [20 minutos]

**21h50min** □ **22h40min** [50 minutos]:

- Apresentação do Grupo D – Seção 4 (Teorias da Emissão Fotoelétrica) do artigo Millikan (1916c). [30 minutos].
- Análise, leitura comentada, discussão, reflexões, perguntas, dúvidas etc. [20 minutos]

**22h40min** □ **23h00min:** Margem de tempo de segurança.

## VI. Avaliação

- Ficha Avaliativa de Seminários (arguição; análises; compreensão; pontualidade; clareza etc.)
- Posicionamento crítico-reflexivo diante de questões e temas abordados durante o curso;
- Memórias & Discussões decorrentes a aula implementada (livre criação do estudante).



## VII. Encaminhamentos para Próxima Aula

- Data de entrega das *Memórias & Reflexões* decorrente da Semana 5.
- Aviso da aplicação do “Questionário Final VOSE-EF” sobre aspectos da Natureza da Ciência.
- Aviso da aplicação do questionário avaliativo da disciplina História da Ciência 2023-1.

## Ficha Avaliativa de Seminários

Cada professor irá atribuir no máximo **1,0 ponto** para cada item apresentado no quadro abaixo, e ao final fazer a soma para obtenção da nota média final da apresentação do seminário de cada grupo.

Itens	Critérios
1	<b>Elaboração e Uso Adequado do Material de Apoio</b> <i>O material utilizado na apresentação possui sequência-lógica?</i>
2	<b>Clareza e Objetividade na Apresentação</b> <i>Os “futuros professores” apresentaram clareza e objetividade em sua exposição oral? Quando necessário, mostraram exemplos ou analogias adequadas na explicação?</i>
3	<b>Uso Padrão/Oficial de Linguagem Culta e Técnica</b> <i>Os “futuros professores” fizeram uso correto das regras gramaticais padrão/oficial da língua portuguesa (brasileira)?</i>
4	<b>Pontualidade</b> <i>Os “futuros professores” realizaram a apresentação dentro o intervalo de tempo máximo estipulado (25 minutos)?</i>
5	<b>Equipartição do Tempo de Fala</b> <i>Os estudantes integrantes do grupo tiveram um intervalo de tempo de fala aproximadamente igual?</i>
6	<b>Coerência com o “Referencial Teórico” (livro, artigo etc.)</b> <i>O conteúdo da apresentação apresenta absoluta correspondência com o capítulo do livro-didático especificamente indicado?</i>
7	<b>Quanto à Fundamentação Teórica-Conceitual</b> <i>Os “futuros professores” demonstraram domínio conceitual sobre o tema proposto (o efeito fotoelétrico)?</i>
8	<b>Análise da Presença de Elementos de Pseudo-História no Referencial</b> <i>Foi realizada a análise acerca de possíveis elementos de pseudo-história acerca do capítulo indicado no livro-didático? Quais as conclusões?</i>
9	<b>Análise da “Visão de NdC” Transmitida pelo Referencial</b> <i>Foi realizada a análise acerca da “Visão de NdC” transmitida pelos autores no capítulo indicado no livro-didático? Quais as conclusões?</i>
10	<b>Arguição Perante às Perguntas dos Professores</b> <i>Ao final da apresentação, os “futuros professores” foram cordiais e competentes na construção das respostas diante de questões elaboradas pelos professores?</i>

	<p><b>Curso:</b> Licenciatura/Bacharelado em Física – UNESP, campus Bauru-SP.  <b>Disciplina:</b> História da Ciência (1º Semestre 2023)  <b>Plano de Aula:</b> Semana 18 (11 de junho de 2023)</p>	
---	---	---

### I. Público-alvo:

Estudantes do 5º Período do Curso de Licenciatura em Física, UNESP, *campus* Bauru-SP.

### II. Conteúdo ou Temas Abordados

- Aplicação do “**Questionário Inicial VOSE-EF**” sobre aspectos da Natureza da Ciência
  1. Sobre os Modelos Científicos.
  2. Sobre a Natureza do Conhecimento Científico (tentativa e erro) (leis)
  3. Sobre a Natureza do Conhecimento Científico (tentativa e erro) (teorias)
  4. Sobre o Uso da Imaginação, Criatividade e Analogias
  5. Sobre o as Teorias e Leis Científicas
  6. Sobre o Processo de Validação do Conhecimento Científico
  7. Sobre a Natureza das Observações Experimentais
  8. Sobre a Metodologia Científica
  9. Sobre as Influências Histórico-Sociais na Pesquisa Científica (não neutralidade)

### III. Objetivos da Aula

- Coletar dados para, posteriormente, caracterizar as concepções posteriores dos estudantes sobre diferentes aspectos da NdC ao término da disciplina de História das Ciências 2023-1.
- Coletar informações acerca das percepções dos sujeitos da pesquisa em relação à organização didática, ao planejamento e qualidade dos materiais didáticos utilizados na História da Ciência 2023-1.

### IV. Conhecimentos Prévios (Subsunçores)

- Concepções sobre alguns aspectos importantes relacionados a processo de construção do conhecimento científico.

### V. Procedimentos de ensino

**19h00min** □ **19h10min** [10 minutos]:

Tempo destinado à recepção dos estudantes. Organização da sala de aula (cadeiras, multimídia etc.). Lista de Presença.

**19h10min** □ **20h20min** [10 minutos]:

Tempo destinado à entrega e justificativa da aplicação do “Questionário Inicial VOSE-EF”. Leitura e esclarecimentos acerca das instruções.

**19h20min** □ **20h20min** [60 minutos]:

Estimativa de tempo necessário para responder às nove questões “Questionário Final VOSE-EF”.

1. Sobre os Modelos Científicos.
2. Sobre a Natureza do Conhecimento Científico (tentativa e erro) (leis)
3. Sobre a Natureza do Conhecimento Científico (tentativa e erro) (teorias)
4. Sobre o Uso da Imaginação, Criatividade e Analogias
5. Sobre o as Teorias e Leis Científicas
6. Sobre o Processo de Validação do Conhecimento Científico
7. Sobre a Natureza das Observações Experimentais
8. Sobre a Metodologia Científica
9. Sobre as Influências Histórico-Sociais na Pesquisa Científica (não neutralidade)

**20h20min** □ **20h30min.** Intervalo de descanso [10 minutos].

**20h30min** □ **21h30min** [60 minutos]

Estimativa de tempo necessário para responder às questões “Questionário Avaliativo da Disciplina História da Ciência 2023-1”.

1. Sobre a participação do estudante durante a disciplina (comprometimento)
2. Sobre a qualidade dos textos históricos (linguagem, dimensão, abordagem etc.)
3. Sobre o prazo estipulado pelos professores para entrega das atividades.
4. Sobre a condução das discussões e reflexões pelos professores.
5. Sobre a organização estrutural e sequência lógica do assuntos abordados.
6. Sobre a influência da disciplina para a uma imagem mais precisa da NdC.
7. Sobre a influência da disciplina para formação crítica como futuros professores.
8. Sobre a qualidade geral da disciplina de História da Ciência 2023-1.
9. Sobre a oferta da disciplina na matriz curricular licenciatura.
10. Sobre a oferta da disciplina na matriz curricular bacharelado.
11. Sobre as concepções sobre NdC após a disciplina (questão aberta)
12. Sobre as concepções sobre uso didático da História da Ciência após a disciplina (questão aberta)
13. Sobre as concepções de prática docente após a disciplina (questão aberta)
14. Sobre as principais dificuldades e/ou obstáculos encontrados ao longo da disciplina (questão aberta)
15. Comentários livres sobre outros aspectos relevantes sobre o curso (questão aberta)

**21h30min** □ **22h00min:** Encerramento da disciplina.

## VI. Avaliação

- ✓ Respostas dos estudantes ao “Questionário Inicial VOSE-EF”.
- ✓ Respostas dos estudantes ao “Questionário Avaliativo da Disciplina História da Ciência”

## APÊNDICE B

---

### QUESTIONÁRIO VOSE-RCN

---

<b>Questão</b>	<b>Aspectos da Natureza das Ciências (NdC)</b>
1	Sobre a Natureza do Conhecimento Científico ( <i>teorias científicas</i> )
2	Sobre Natureza do Conhecimento Científico ( <i>leis científicas</i> )
3	Sobre o Uso de Imaginação, Criatividade e Analogias
4, 5 e 6	Sobre as Leis e Teorias Científicas ( <i>definições; descoberta ou construção</i> )
7	Sobre o Processo de Validação e Aceitação de Novas Teorias Científicas
8	Sobre o Processo de Investigação Científica ( <i>metodologia científica</i> )
9	Sobre Natureza das Observações Experimentais
10 e 11	Sobre as Influências Histórico-Sociais-Culturais nas Pesquisas Científicas
12	Sobre a Natureza da Ciência ( <i>geral</i> )

## INSTRUÇÕES

Cada questão deste questionário começa com uma afirmação sobre algum tema relacionado à Natureza da Ciência. A expressão Natureza da Ciência (NdC), geralmente, é usada por pesquisadores para se referir a questões tais como: O que a ciência é? Como se dá a atividade científica? Quais atividades humanas podem ser consideradas científicas? Como os cientistas atuam como grupo social? Como a sociedade e a ciência se influenciam mutuamente? De outro modo, entender a Natureza da Ciência significa responder à seguinte questão: Afinal de contas, o que são as Ciências Naturais e como se dá o processo de validação e aceitação do conhecimento científico?

Muitas afirmações neste questionário adotam uma certa posição que pode ser considerada radical. Naturalmente, você pode livremente concordar fortemente com elas, discordar fortemente ou ter outro pensamento sobre o assunto. Entretanto, em cada afirmação: **VOCÊ DEVE ESCOLHER UMA ÚNICA OPÇÃO!**

Cada pergunta (ou afirmação inicial) será seguida de 4 a 13 argumentos e respostas possíveis. Logo, primeiramente, faça uma leitura global, isto é, uma sondagem de todas as respostas, porém, sem ainda tomar posição totalmente definida. Após uma segunda (ou terceira) leitura, escolha uma das opções (**DF, D, I, C ou CF**) de acordo com seu entendimento sobre a atividade científica, sobre a comunidade científica e seus processos de construção e validação de afirmações científicas.

**DF = Discordo Fortemente** (quando você estiver em pleno desacordo com toda a afirmação).

**D = Discordo** (quando você estiver convicto que discorda de alguma parte da afirmação, mas ainda tem dúvidas ou até mesmo concorda com outras partes da afirmação).

**I = Indeciso, Não Sei ou Sem Comentários** (quando você não tiver conhecimento e/ou repertório sobre o tema).

**C = Concordo** (quando você estiver convicto que concorda com quase toda a afirmação, mas ainda ficou em dúvida com relação a algumas outras palavras ou termos utilizados. Neste caso, pode haver dúvidas, mas não discordâncias convictas).

**CF = Concordo Fortemente** (quando você estiver em pleno acordo com toda a afirmação).

É reforçada a recomendação de ler os itens afirmativos 02 (duas) ou 03 (três) vezes para que você não corra o risco de ser induzido a um posicionamento em particular devido à ordem de apresentação dos argumentos.

**Observação:** Os “temas”, as “questões” e as “suas respostas” dadas a este “Questionário sobre a Natureza da Ciência”, no dia de hoje, serão objetos de recorrentes análises, discussões e reflexões no decorrer toda essa disciplina. Além disso, a carga de leitura acadêmica na disciplina sobre o assunto “Natureza da Ciência”, bem como a necessidade de proposição de outras atividades adicionais, será considerada com base em seus conhecimentos prévios apresentados neste questionário. De tal forma que, quanto mais fidedignas forem suas respostas nesse momento, mais facilmente você poderá avaliar a “real” contribuição da disciplina de História das Ciências para sua formação como futuro(a) professor(a) de física

## **SOBRE A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO (teorias científicas)**

“Considere a existência de uma dada teoria científica bem estabelecida, consolidada e amplamente aceita pela comunidade científica, com apoio de inúmeras pesquisas relevantes e variadas observações experimentais disponíveis, as quais foram realizadas de forma diligente (isto é, de forma extremamente cuidadosa, com muito rigor e com total respeito às normas e preceitos da ciência), tendo sido até hoje confirmadas todas as previsões dessa teoria científica.

Um exemplo desse tipo de teoria pode ser a “**Teoria Microbiana da Doença**”. Essa teoria científica afirma que microscópicas entidades biológicas, como os micróbios, os vírus, as bactérias e os protozoários, presentes no ar, na água, na terra e até mesmo em outros seres vivos, são causadores de diversas doenças, tais como: tuberculose; cólera; sífilis; gonorreia, hanseníase, gripe, disenteria, Covid-19, entre outras”.

### **01. Essa teoria das ciências biológicas, amplamente aceita, adotada e defendida pela comunidade científica atual, ainda pode ser refutada e invalidada no futuro?**

**A.** Não é possível descartar completamente a chance de ocorrer uma mudança revolucionária na pesquisa científica em microbiologia no futuro, portanto, pode ser necessário que um dia essa teoria tenha que ser substituída completamente por outra.

1.( ) *Discordo Fortemente*      2.( ) *Discordo*      3.( ) *Indeciso*      4.( ) *Concordo*      5.( ) *Concordo Fortemente*

**B.** Os avanços científicos não ocorrem rapidamente, mas pelo contrário, necessitam de um longo processo acumulativo de evidências empíricas; portanto, uma vez amplamente aceita, a teoria científica permanecerá totalmente preservada e se fortalecerá no futuro.

1.( ) *Discordo Fortemente*      2.( ) *Discordo*      3.( ) *Indeciso*      4.( ) *Concordo*      5.( ) *Concordo Fortemente*

**C.** Com a continuidade das pesquisas, com novos dados e informações, essa teoria poderá sofrer pequenas modificações evolutivas de desenvolvimento de rigor, de precisão e de aplicação, porém, sua essência e seu núcleo central ainda serão preservados no futuro.

1.( ) *Discordo Fortemente*      2.( ) *Discordo*      3.( ) *Indeciso*      4.( ) *Concordo*      5.( ) *Concordo Fortemente*

**D.** Essa teoria já foi cientificamente comprovada com base em inúmeras e variadas evidências empíricas, sendo amplamente aceita pelos cientistas. Ela alcançou o *status* de verdade absoluta. Não há mais possibilidades de questionamentos sérios a seu respeito.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

## SOBRE A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO (leis científicas)

Considere agora existência de uma dada lei científica bem estabelecida, bastante consolidada e amplamente aceita pelos cientistas, com apoio de inúmeras pesquisas relevantes e variadas observações experimentais disponíveis, as quais foram realizadas de forma diligente (isto é, de forma extremamente cuidadosa, com muito rigor e com total respeito às normas e preceitos da comunidade científica), tendo sido, até hoje, confirmadas todas as previsões dessa lei científica.

Um exemplo desse tipo de lei poderia ser a “**Lei da Inércia**” (**1ª Lei de Newton**), a qual estabelece que “*todos os corpos tendem a permanecer em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, exceto na medida em que são obrigados a mudar esse estado por forças aplicadas a eles*” (NEWTON, 1687, p. 12).

**02. Essa lei da Física, amplamente aceita, adotada e defendida pela comunidade científica, ainda pode ser refutada e invalidada no futuro?**

A. Não é possível descartar que essa lei se mostrará inválida em uma nova observação experimental<sup>141</sup>, gerando uma crise e uma mudança revolucionária, sendo necessária uma substituição completa da Lei da Inércia para explicação e descrição dos movimentos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

B. A comunidade científica somente aceita uma lei científica após um longo processo acumulativo de inúmeras e variadas evidências empíricas disponíveis. Portanto, a Lei da Inércia permanecerá totalmente preservada e se fortalecerá no futuro.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

C. Com a realização de novas pesquisas, levantamento de dados e informações, a Lei da Inércia poderá sofrer pequenas modificações evolutivas de desenvolvimento de rigor, de precisão e de aplicação, porém sua essência e seu núcleo central ainda serão preservados.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

D. As “Leis de Newton” para compreensão dos movimentos são comprovadas cientificamente há mais de 300 anos. Elas alcançaram o *status* de verdade absoluta. Logo, não há mais possibilidades de questionamentos sérios a seu respeito por parte de outros cientistas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

<sup>141</sup> **(Sugestão de alteração por parte da Banca Examinadora).** “A. Não é possível descartar que essa lei se mostrará inválida em um novo conjunto de novas observações experimentais, gerando uma crise e uma mudança revolucionária, sendo necessária uma substituição completa da Lei da Inércia para explicação e descrição dos movimentos”. Nessa nova formulação, é evitado que a afirmação seja associada à ideia de um experimento crucial, cuja observação, por si só, é capaz de refutar uma teoria (no presente mesmo, e não sob uma retrospectiva histórica). No âmbito de discussões sobre a natureza da ciência, esta crítica não pode ser negligenciada.

## SOBRE O USO DA IMAGINAÇÃO, CRIATIVIDADE E ANALOGIAS

*“Cientistas são pessoas que desenvolvem pesquisas científicas. Em outras palavras, com base em uma metodologia, testam e avaliam (aceitando ou rejeitando) hipóteses para chegar a conclusões nas diversas áreas do conhecimento. Ou seja, são as pessoas responsáveis por produzir e construir a própria ciência. Os praticantes da ciência devem ter um foco principal: produzir e avaliar novos conhecimentos científicos. A rotina desses profissionais inclui: elaborar e desenvolver projetos de pesquisas; publicar artigos científicos; participar de eventos acadêmicos (congressos, simpósios, encontros etc.); ministrar aulas e palestras; e conduzir treinamentos para nova geração de cientistas.*

*Diante desse propósito, em 1951 foi criado o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), o primeiro grande marco para formalização da profissão de cientista no processo de institucionalização da ciência no Brasil. Atualmente, segundo a UNESCO, o Brasil possui cerca de 700 cientistas por milhão de habitantes. Outros países apresentam um número consideravelmente maior, por exemplo, a China possui 1100, a Argentina 1200, a Rússia 3100, a União Europeia 3200, os Estados Unidos 3900, Coréia e Singapura 6400, e Israel 8300”.*

**03. Em sua percepção, quando os cientistas estão desenvolvendo suas pesquisas, em algum momento, eles utilizam de imaginação, criatividade e analogias?**

**A.** A imaginação e a criatividade são fontes essenciais para a inovação científica e tecnológica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Os cientistas utilizam pelo menos um pouco de imaginação e criatividade quando estão conduzindo uma pesquisa científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** A imaginação e a criatividade não são consistentes nem coerentes com os princípios lógicos e objetivos do trabalho científico.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** A imaginação e a criatividade podem se tornar um meio para um cientista defender seu ponto de vista a qualquer custo.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** A imaginação e criatividade não possui confiabilidade e credibilidade.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## **SOBRE LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS (Definições Conceituais)**

*“Em tempos de “Pós-Verdade” e “Fake-News”, a atenção aos significados dos termos técnicos é fundamental. Na ciência, toda discussão intelectualmente honesta começa apenas depois que se tem um conjunto de dados empíricos confiáveis, sobre os quais é possível elaborar e defender diferentes interpretações. E, para participar de uma discussão técnica de alto nível, uma pessoa necessita de experiência e de excelente qualificação profissional. Infelizmente, hoje em dia, muitas pessoas, até mesmo autoridades públicas, são despreparadas ou simplesmente agem de forma intelectualmente desonesta quando se veem incapazes de defender seus argumentos sobre um tema técnico-científico, principalmente aqueles que geram algum tipo de comoção social, optando muitas vezes por questionar a confiabilidade dos dados empíricos disponíveis ou a índole e o caráter dos cientistas envolvidos sem o apoio de evidências justificáveis. De fato, esse tipo de conduta estimula crises sociais que são geradas pela estupidez e pela desinformação, como a desconfiança infundada na eficácia de diversas vacinas historicamente bem-sucedidas, fazendo com que doenças anteriormente praticamente erradicadas, como o sarampo, voltem a ser um problema de saúde pública no Brasil e em outros países”.*

### **04. Considerando a importância do significado correto e preciso dos termos científicos, julgue os itens abaixo.**

**A.** As teorias científicas são suposições hipotéticas sobre algum fenômeno, com pouquíssimas evidências empíricas para apoiá-las; portanto, não possuem tanta credibilidade e nem são tão confiáveis quanto às leis científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Se uma teoria científica resiste a inúmeros e variados testes experimentais, então ela poderá se tornar uma lei científica; portanto, uma lei possui muito mais evidências empíricas de apoio e se aplica a um número maior de eventos e fenômenos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Existem teorias científicas que possuem mais evidências empíricas de apoio do que algumas leis científicas em fenômenos da mesma área de pesquisa.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** As teorias e as leis científicas são diferentes tipos de conceitos / categorias nas ciências naturais; portanto, elas não podem ser comparadas ou organizadas hierarquicamente quanto a algum grau de superioridade ou de certeza científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** As teorias e as leis científicas são conceitos / categorias idênticos, pois ambas podem ser refutadas ou invalidadas no futuro, bem como utilizadas para fazerem previsões sobre um fenômeno.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** As teorias e as leis científicas são conceitos / categorias diferentes, enquanto teorias produzem afirmações generalizadas e universais sobre a natureza, as leis científicas são mais específicas e restritas a casos particulares dos fenômenos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** As teorias e as leis científicas são conceitos / categorias diferentes e qualquer comparação é impossível, embora ambas possam fazer previsões acerca de um fenômeno, o que possibilita que ambas possam ser confirmadas ou refutadas / invalidadas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## **SOBRE LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS (descoberta ou construção?)**

### **05. Se quisermos preencher a lacuna na frase abaixo, deveríamos utilizar qual palavra?**

1. DESCOBERTA - com o significado de revelar, achar, encontrar, localizar algo que estava escondido.
2. CONSTRUÍDA – com o significado de desenvolver, elaborar, inventar, criar algo nunca imaginado.

“A Teoria da Gravitação Universal, \_\_\_\_\_ por Isaac Newton em 1678, passou a ser patrimônio de toda a comunidade científica, para que fosse testada, criticada, eventualmente falsificada e, por fim, incorporada ao corpus de conhecimentos da ciência” (CASTELFRANCHI, 2008, p. 83).

**A. DESCOBERTA**, porque Teoria da Gravitação Universal estava lá fora no mundo natural o tempo todo; e o cientista Isaac Newton a descobriu (revelou/achou/encontrou/localizou).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B. DESCOBERTA**, porque a Teoria da Gravitação Universal é baseada em fatos científicos e observações experimentais disponíveis.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C. AMBAS**, pois alguns cientistas já descobriram uma teoria por um acaso imprevisto enquanto procuravam outra coisa, mas outros cientistas podem construir (desenvolver/inventar/criar) uma teoria tomando por base fatos científicos conhecidos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D. CONSTRUÍDA**, porque a Teoria da Gravitação Universal é uma interpretação de fatos científicos e de observações experimentais relatadas por vários cientistas ao longo de muitos anos, entre eles, Copérnico, Galileu, Kepler, Tycho Brahe e Sir. Isaac Newton.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E. CONSTRUÍDA**, porque a elaboração (desenvolvimento/construção/invenção/criação) da Teoria da Gravitação Universal exigiu imaginação e a criatividade de vários cientistas ao longo de muitos anos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F. CONSTRUÍDA**, porque a Teoria da Gravitação Universal ainda pode ser refutada e invalidada no futuro, assim como qualquer outra teoria científica hoje bem estabelecida e solidamente apoiada pelas evidências empíricas disponíveis.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**SOBRE LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS (descoberta ou construção?)**

**06. A Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton  $\langle Fg = G \cdot \frac{m1 \cdot m2}{d^2} \rangle$ , assim como qualquer outra lei científica, foi:**

**1. DESCOBERTA** - com o significado de revelar, achar, encontrar, localizar algo que estava escondido.

**2. CONSTRUÍDA** – com o significado de desenvolver, elaborar, inventar, criar algo nunca imaginado.

**A. DESCOBERTA**, porque as leis científicas estão lá fora na natureza o tempo todo; e os cientistas precisam apenas encontrá-las.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B. DESCOBERTA**, porque as leis científicas, como a Lei da Gravitação Universal, são baseadas em fatos científicos e observações experimentais disponíveis.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C. AMBAS**, pois alguns cientistas já descobriram uma lei por um acaso imprevisto enquanto procuravam outra coisa, mas outros cientistas podem desenvolver (construir/elaborar/inventar/criar) uma lei tomando por base fatos científicos conhecidos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D. CONSTRUÍDA**, porque os cientistas desenvolvem (elaboram/constroem/inventam/criam) leis para interpretar fatos científicos e observações experimentais relatadas por vários outros cientistas ao longo de muitos anos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E. CONSTRUÍDA**, porque a elaboração (desenvolvimento/construção/invenção/criação) de leis científicas, como a Lei da Gravitação Universal, exigiu imaginação e a criatividade de vários cientistas ao longo de muitos anos, entre eles, o *Sir*. Isaac Newton.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F. CONSTRUÍDA**, porque todas as leis científicas, até mesmo aquelas consideradas bem estabelecidas e solidamente apoiadas pelas evidências empíricas disponíveis, como a Lei da Gravitação Universal, ainda podem ser refutadas e invalidadas no futuro.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## SOBRE O PROCESSO DE VALIDAÇÃO E ACEITAÇÃO DE NOVAS TEORIAS CIENTÍFICAS

“O desaparecimento dos dinossauros e de milhares de outras espécies há cerca de 66 milhões de anos foi considerado um dos grandes enigmas para a ciência. Como até mesmo as modernas técnicas de datação geológica ainda possuem um erro experimental de cerca de 100 000 anos, várias teorias científicas foram estabelecidas ao longo dos anos. Até meados do século passado, a teoria melhor aceita para explicar a catástrofe envolvia unicamente processos evolutivos associados ao planeta Terra: o desencadeamento de uma longa série de erupções vulcânicas devido aos violentos movimentos das placas tectônicas (teoria 1). Outra teoria também existia, porém, com muito menos adeptos: a “teoria do resfriamento global” (teoria 2). No entanto, em 06 de junho de 1980, os cientistas Luis W. Alvarez, Walter Alvarez, Frank Asaro e Helen V. Michel, propuseram a inédita Teoria do Impacto (ou Teoria K-Pg) para extinção em massa das espécies. Baseando-se na análise de fósseis e de camadas geológicas, eles publicaram um estudo no qual defendem, surpreendentemente, que a origem da catástrofe era extraterrestre: a queda de um gigantesco asteroide de cerca 10 km de diâmetro a uma velocidade próxima de 72 000 km/h” (teoria 3).

**07. Como você acredita que a comunidade científica (a maioria de cientistas e pesquisadores) se posicionou nos primeiros 10 anos após o surgimento da Teoria do Impacto como tentativa de explicação do evento de extinção em massa de espécies?**

**Note e Adote:** “Aceitar” uma teoria é uma postura adotada pela comunidade científica quando as pesquisas relevantes sobre um certo fenômeno são consideradas como efetivamente completadas. Logo, “aceitar” uma determinada teoria “T” é julgar que essa teoria não necessita ser submetida a investigações futuras, de tal forma que ela já está bem estabelecida a ponto de ser utilizada em novos projetos de ciência aplicada, e também incluída no seletor “estoque de conhecimentos científicos consolidados”.

**A.** Diante do impasse, a comunidade científica deixou temporariamente em aberto o julgamento e não aceitou nenhuma das três teorias antes de distinguir, por meio da argumentação e de novas evidências empíricas, qual delas era definitivamente a melhor.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Diante do impasse, a comunidade científica aceitou as três teorias científicas, porque todas forneciam explicações racionais, plausíveis e com o apoio de evidências empíricas disponíveis, porém, com base em diferentes perspectivas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Como é bastante difícil abandonar ideias já amplamente aceitas e adotar novas, a comunidade científica escolheu continuar aceitando a teoria científica com a qual ela já estava mais familiarizada<sup>142</sup>.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** A comunidade científica escolheu aceitar a teoria mais simples, evitando as teorias abstratas, difíceis e complexas. A simplicidade é um critério importante no momento de escolha entre teorias competidoras e incompatíveis sobre um mesmo fenômeno.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

<sup>142</sup> **(Sugestão de alteração pela Banco Examinadora).** C. Como é bastante difícil abandonar ideias já amplamente aceitas e adotar novas, a comunidade científica escolheu continuar aceitando a teoria científica com a qual ela já estava mais familiarizada, até que novos estudos ou evidências mais conclusivas mostrassem a sua pertinência. Entende-se a essência do que está em jogo – a relutância à aceitação do novo – mas da forma como estava redigida, a afirmação era muito radical. Não fosse assim o conhecimento não teria a dinamicidade que tem. Observe-se que havia uma segunda teoria - a teoria do resfriamento global - também em cena.

**E.** O *status* acadêmico de cada grupo de cientistas (experiência, prestígio, reputação, gênero, nacionalidade etc.) teve um papel importante e influenciou no processo de aceitação de uma das três teorias pela comunidade científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** Em tais situações, a comunidade científica quase sempre tende a aceitar as novas teorias científicas, preferencialmente aquelas que apresentam somente pequenas modificações com relação à teoria atualmente aceita.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** Em tais situações, a comunidade científica usa, pelo menos um pouco, de intuição (pressentimento) para julgar a aceitação de uma das três teorias científicas competidoras.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** O grau de alcance, de fecundidade e de “fertilidade” de cada uma das três teorias, isto é, o potencial para no futuro próximo os cientistas investigam novos fenômenos, bem como atrair recursos para novas pesquisas, foi decisivo no processo de escolha.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## SOBRE O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA (metodologia científica)

Geralmente, é afirmado que a enorme confiança e credibilidade atribuída pela sociedade ao trabalho científico deve-se, principalmente, à aplicação do chamado **Método Científico**. Esse método, na maioria das vezes, é apresentado como um método de investigação do tipo "passo-a-passo", ou receita a ser rigorosamente seguida. Suas etapas sequenciais e obrigatórias são:

- 1ª Etapa.** Observar um fenômeno do mundo natural;  
**2ª Etapa.** Criar hipóteses sobre esse fenômeno observado;  
**3ª Etapa.** Projetar um aparato experimental para testar as hipóteses anteriormente criadas;  
**4ª Etapa.** Realizar a coleta de dados com extremo rigor, precisão e cuidado.  
**5ª Etapa.** Realizar análises e discussões racionais e objetivas com base nas evidências empíricas disponíveis;  
**6ª Etapa.** Elaborar conclusões sobre validade ou não das hipóteses inicialmente criadas.

Você alguma vez já estudou sobre o **Método Científico**?      ( ) **Sim**      ( ) **Não**

### 08. Analise as afirmativas abaixo.

**A.** O *Método Científico* é útil na maioria dos casos, mas não é nenhuma garantia de resultados válidos e positivos. Portanto, os cientistas normalmente precisam construir (elaborar / criar / inventar) novos métodos de investigação.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**B.** Não existe um *Método Científico* fixo, universal e obrigatório para todas as pesquisas científicas. Desde que as metodologias de investigação estejam apoiadas no valor da evidência empírica, na lógica e na argumentação, qualquer método é válido e aceitável<sup>143</sup>.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**C.** Não existe um *Método Científico* fixo, universal e obrigatório para o desenvolvimento de pesquisas científicas. O conhecimento científico pode ser, e foi muitas vezes, descoberto (achado / encontrado / localizado) acidentalmente<sup>144</sup>.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**D.** Existem diferentes tradições e diversas metodologias científicas que variam radicalmente de acordo com aquilo que se quer estudar (planetas, doenças, fósseis, átomos e moléculas); e é isto que determina o método pelo qual a pesquisa científica irá ocorrer.

<sup>143</sup> (Sugestão de alteração pela Banca Examinadora). **B.** Não existe um *Método Científico* fixo, universal e obrigatório para todas as pesquisas científicas. Desde que as metodologias de investigação estejam apoiadas no valor da evidência empírica, em teorias científicas consolidadas, na lógica e na argumentação, qualquer método é válido e aceitável. Certamente, não é apenas a evidência empírica que deve ser ressaltada, para não deixar margem a concepção (empírico-indutivista e atórica) de que é a partir dos fatos que se elaboram construções teóricas.

<sup>144</sup> (Sugestão de alteração pela Banca Examinadora). **C.** Na prática, não se pode dizer que existe o *Método Científico* fixo, rígido e obrigatório para o desenvolvimento de pesquisas científicas. O conhecimento científico pode ser, e foi muitas vezes, construído com base em observações acidentais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** Desde que seja seguido rigorosamente, o *Método Científico* é uma garantia de resultados válidos, confiáveis, precisos, imparciais e objetivos. Por isso, a comunidade científica adota e aceita somente essa metodologia de investigação.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** A comunidade científica recomenda fortemente o uso do *Método Científico*, porque ele é um procedimento sistemático, lógico e racional de investigação, cujo objetivo é facilitar a obtenção de conhecimentos sobre os fenômenos físicos, químicos e biológicos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** As investigações científicas podem se desenvolver de diversas maneiras. Mas o importante é que, quando os resultados das pesquisas se tornam públicos, a comunidade científica utilizará o *Método Científico* para verificar sua confiabilidade e possíveis fraudes.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## SOBRE A NATUREZA DAS OBSERVAÇÕES EXPERIMENTAIS

*“É bastante discutido na História, Filosofia e Sociologia das Ciências se as observações experimentais realizadas por um grupo de cientistas foram influenciadas ou não por suas crenças pessoais, valores socioculturais, preferências teóricas e metodológicas, ideologias e, em especial, por suas expectativas futuras com os resultados da pesquisa: lucro, fama; prestígio etc.”.*

**09. Na sua opinião, é válido, razoável e seguro dizer que cientistas, agindo o mais honestamente possível, podem relatar observações experimentais diferentes, até mesmo contraditórias, na mesma época, para um mesmo fenômeno ou problema que está sendo investigado [por exemplo: uma doença infecciosa]?**

**A.** Os relatos das observações experimentais podem ser diferentes, porque diferentes valores e crenças levam a diferentes expectativas que, por sua vez, influenciam na coleta e análise de dados.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque os cientistas formados na mesma área de pesquisa possuem ideias muito semelhantes.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque a excelente formação e treinamento acadêmico possibilitam que cientistas abandonem seus valores e crenças pessoais, tornando-se neutros e objetivos na condução de suas pesquisas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque as observações experimentais são exatamente aquilo que nós vemos e nada mais. Fatos são fatos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos. Embora a subjetividade não possa ser completamente eliminada na observação, a ciência adota mecanismos para melhorar sua objetividade, como a publicidade dos resultados e a revisão por pares.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** Os relatos das observações experimentais podem ser diferentes, embora as imagens formadas na retina sejam exatamente iguais. Porém, a interpretação é não neutra, isto é, aquilo que cada cientista percebe é influenciado pelo contexto e por fatores subjetivos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## SOBRE AS INFLUÊNCIAS HISTÓRICAS-SOCIAL-CULTURAIS NAS PESQUISAS CIENTÍFICAS

*Valores Socioculturais* são valores relacionados à cultura, à educação dos indivíduos e às normas de socialização. São exemplos: valores éticos, morais, humanos, religiosos, sociais, culturais, ambientais, ideológicos, entre outros. Os valores socioculturais podem variar de cultura para cultura, de época para época e, quase sempre, se modificam ao longo da história de cada sociedade. Dessa forma, em geral, não é raro que diferentes pessoas, instituições ou países defendam valores socioculturais totalmente contraditórios, tais como:

**SOLIDARIEDADE vs INDIVIDUALISMO**  
**BEM-ESTAR SOCIAL e HUMANO vs PROPRIEDADE PRIVADA e LUCRO**  
**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL vs DOMINAÇÃO e EXPLORAÇÃO DA NATUREZA**  
**IGUALDADE e DIVERSIDADE vs SUPREMACIA** (racial, étnica, religiosa ou de gênero)

**10. Nesse contexto, como você se posiciona quanto às afirmativas abaixo a respeito da influência ou não de elementos histórico-sociais na pesquisa científica?**

**A.** Com excelente treinamento e formação acadêmica, os cientistas são capazes de dedicar-se de forma imparcial, autônoma e livre da influência de valores socioculturais na realização de suas investigações científicas.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**B.** O conhecimento científico é neutro, ou seja, não político, não ideológico e autônomo. Além disso, requer e possui um elevado grau de imparcialidade e objetividade; portanto, é livre da influência e da interferência de valores socioculturais.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**C.** Os valores socioculturais não influenciam nem a direção e nem a escolha dos temas das investigações científicas, mas as aplicações tecnológicas da ciência podem ser julgadas como “boas” ou “más” de acordo com os valores socioculturais.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**D.** A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque o direcionamento das pesquisas, isto é, a escolha dos temas, fenômenos e problemas a serem investigados, responde apenas ao interesse em desenvolver cada vez mais o conhecimento científico por si só.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**E.** A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque ela trabalha de acordo com os princípios do *Método Científico*, ou seja, a escolha racional entre hipóteses e teorias não envolve questões relacionadas a valores.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**F.** A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque suas implicações lógicas não envolvem juízos de valor. Suas afirmações baseiam-se somente em evidências empíricas disponíveis, predições teóricas e na argumentação.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Indeciso*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**G.** Os valores socioculturais podem influenciar o direcionamento e a escolha dos temas e fenômenos nas pesquisas científicas, exercendo um papel muito relevante, por exemplo, na avaliação de possíveis impactos negativos de futuras aplicações tecnológicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** A ciência não é neutra, isto é, não está livre da influência de valores socioculturais, pois os próprios cientistas são inevitavelmente influenciados pelos valores de sua sociedade, os quais podem refletir em suas observações experimentais e interpretações.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**I)** A ciência não é neutra porque os fatores subjetivos não podem ser completamente eliminados, pois como atividade humana, a ciência é inevitavelmente influenciada por valores, crenças pessoais, vieses ideológicos, contextos políticos, econômicos e sociais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**J)** A ciência é neutra (livre de valores socioculturais), porque as hipóteses e teorias científicas são aceitas ou rejeitadas com base no critério da adequação empírica entre experimentos e teorias; e esse processo certamente não inclui nenhum valor sociocultural.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**K)** Embora a escolha de hipóteses e teorias científicas baseia-se na confiabilidade das evidências empíricas disponíveis, ainda assim, a neutralidade científica é um mito, pois valores socioculturais e outros fatores subjetivos certamente estão presentes na ciência.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**L)** A sociedade, por meio da defesa dos valores socioculturais de sua época, ao menos em alguns momentos, é capaz julgar e interferir nos métodos e nas normas de trabalho da ciência, bem como até mesmo influenciar na escolha de uma teoria científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**M)** Valores socioculturais e outros aspectos subjetivos não têm relação com os fatos científicos em si, no entanto, juízos de valor têm implicações e influências sobre o interesse, sobre a relevância e sobre a aceitação ou rejeição de certas afirmações científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## **SOBRE AS INFLUÊNCIAS HISTÓRICAS-SOCIAL-CULTURAIS NAS PESQUISAS CIENTÍFICAS**

Leia a história abaixo.

*É o ano de 2030. Clara (Prof.<sup>a</sup> A) e Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B) são cientistas em um centro de biotecnologia, e elas estão pesquisando a seleção e transferência de genes orgânicos. Se o projeto de pesquisa delas for bem-sucedido, humanos estarão livres de limitações congênitas. Além da prevenção total de doenças hereditárias, as pessoas estarão livres para escolher e transferir genes eugênicos. O mundo humano nunca mais terá deficiências hereditárias congênitas!*

*A pesquisa já entrou na última etapa, mas a população, em geral, se opõe, e até mesmo a própria instituição financiadora da pesquisa tem a intenção de reduzir o orçamento. Na verdade, Clara (Prof.<sup>a</sup> A) já está começando a questionar a continuidade da pesquisa. Ela é uma cristã devotada e acredita que Deus abrirá portas para todos. Assim, mesmo que as pessoas nasçam com várias doenças e deficiências, a diversidade e a imprevisibilidade da humanidade estão no cerne da nossa história. Clara (Prof.<sup>a</sup> A) não acredita que o desenvolvimento científico-tecnológico deveria mudar a essência do ser humano. Portanto, em sua opinião, quando valores socioculturais e crenças pessoais estão em conflito com os interesses das ciências naturais, a escolha deveria ser em prol da preservação dos valores socioculturais, porque os valores fundamentais da ciência dependem da própria "pessoa" em si.*

*Entretanto, Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B) não pensa da mesma maneira. Ela acredita que a natureza da ciência é absolutamente objetiva e que valores socioculturais são preferências momentâneas da população, sempre estão se modificando de acordo com o ambiente social e são uma representação bastante subjetiva dos valores socioculturais. Em outras palavras, para Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B), uma pesquisa científica que está sendo atualmente rejeitada pelos valores socioculturais poderia se tornar uma necessária aspiração da sociedade futuramente. Portanto, argumenta Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B), além de ser indigno, é uma bobagem abandonar a natureza objetiva constante das ciências naturais por causa de um determinado valor sociocultural subjetivo fugaz, efêmero e momentâneo.*

*As cientistas Clara (Prof.<sup>a</sup> A) e Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B) inevitavelmente começam a discutir e a se desentender por causa do assunto. Após um longo período de reflexão, Clara (Prof.<sup>a</sup> A) decide retirar-se do projeto de pesquisa, mas Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B) escolhe continuar desenvolvendo a investigação científica.*

*Uma vez que não há motivos para jogar no lixo as técnicas bem-sucedidas e os valiosos instrumentos tecnológicos desenvolvidos durante a pesquisa, Clara (Prof.<sup>a</sup> A) decide mudar o foco de sua pesquisa para a seleção e transferência genética em plantas, na tentativa de escolher um tema mais bem aceito pelos valores socioculturais dominantes. Clara (Prof.<sup>a</sup> A) finalmente consegue transferir com sucesso os genes anticâncer de *Taxus mairei* para o centeio, criando centeio anticâncer. Olhando para trás, ela não se arrepende de ter saído do projeto anterior e acredita que, embora a natureza da ciência possa ser objetiva, a manifestação dos valores socioculturais deve eventualmente voltar à essência fundamental dos "seres humanos".*

*Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B), persistindo em continuar com o projeto original, finalmente obteve sucesso em formas vivas de animais nos resultados da pesquisa e, futuramente, a tendência é avançar com a pesquisa em seres humanos. Ela também não se arrepende de sua escolha e até trabalha mais arduamente no projeto por acreditar que essa história não acaba aqui. Para Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B), toda natureza e o valor da investigação científica surgirão somente no futuro. Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B) afirma que é deixado para a história, ao invés de valores socioculturais, o julgamento acerca da importância e relevância de suas investigações.*

**Em sua opinião, atualmente, qual a possibilidade dessa história ocorrer dentro da comunidade científica?**

- ( ) baixíssima ou extremamente rara.
- ( ) baixa e bastante improvável, talvez uma exceção pontual.
- ( ) média, provável ou comum, talvez frequente.
- ( ) alta e bastante provável, certamente frequente.
- ( ) altíssima e extremamente provável.

**11. Como você se posiciona quanto aos pensamentos divergentes das cientistas Clara (Prof.<sup>a</sup> A) e Lavinia (Prof.<sup>a</sup> B)?**

**A.** Os cientistas devem ter consciência quando estão desenvolvendo e conduzindo pesquisas científicas (*Clara - Prof.<sup>a</sup> A*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Deve-se considerar simultaneamente a importância das pesquisas científicas e os valores socioculturais (*Clara - Prof.<sup>a</sup> A*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** As pesquisas científicas não devem ser totalmente separadas de valores socioculturais de sua época (*Clara - Prof.<sup>a</sup> A*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** As pesquisas científicas não devem colocar em risco a diversidade do ser humano (*Clara - Prof.<sup>a</sup> A*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** As pesquisas científicas devem ser completamente separadas de crenças pessoais (*Lavinia - Prof.<sup>a</sup> B*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** As pesquisas científicas devem ser completamente separadas de valores socioculturais (*Lavinia - Prof.<sup>a</sup> B*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** Persistir sempre com o valor mais alto da ciência: buscar ininterruptamente a verdade (*Lavinia - Prof.<sup>a</sup> B*).

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** Eu me vejo agindo como as duas, pois ambas pensam com espírito científico e são influenciadas por seus respectivos valores e crenças pessoais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**I.** Eu não me vejo agindo como nenhuma das duas, pois ambas não estão sendo suficientemente neutras, imparciais e objetivas em suas pesquisas científicas, sendo fortemente influenciadas por seus respectivos valores e crenças pessoais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## **SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA (geral)**

“Em um congresso, um grupo de cientistas debateu a questão do aumento do aquecimento global, tendo como base trabalhos científicos publicados anteriormente. Ao final do debate, um grupo de cientistas (grupo 1) considerou que o aumento do aquecimento nos últimos anos foi intensificado pelas ações do ser humano em decorrência da crescente emissão de gases estufa. Para outro lado, para outro grupo (grupo 2), essa conclusão está equivocada, defendendo que o aumento da temperatura terrestre é decorrente de um fenômeno atmosférico natural (efeito estufa) e, portanto, independente das ações humanas. Houve ainda um terceiro grupo (grupo 3), que considerou que o impacto humano em escala global é nulo, e que a Terra está, na verdade, esfriando”.

### **12. Diante desse contexto, como você se posiciona quanto às afirmativas abaixo?**

**A.** Caracteriza uma discussão, que é um evento comum na prática científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Neste caso, assim como na ciência em geral, apenas um dos grupos deve estar correto.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Não se caracteriza como uma prática científica, pois há pontos discordantes entre os cientistas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** O uso de argumentos para defender uma posição deve fazer parte da prática científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** Reduz a credibilidade da ciência, uma vez que não fornece uma verdade para a população e os tomadores de decisão.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** Revela a necessidade da revisão de pontos de vista pelos cientistas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** Os grupos podem estar corretos dependendo da escala temporal de estudo.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** Abre a possibilidade de colaboração entre cientistas com pontos de vista semelhantes para fortalecer um dos posicionamentos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**I.** Um dos grupos poderia convencer o outro, caso suas evidências fossem mais consistentes.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**J.** Apenas um dos grupos está correto, pois na ciência não há mais de uma perspectiva teórica vigente sobre um determinado assunto.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**K.** Os grupos só poderiam chegar a um consenso se utilizassem o mesmo contexto teórico para resolver o impasse.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**(a) L.** O impasse só poderá ser resolvido com experimentação.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**M.** O impasse poderá ser resolvido independente do contexto político e econômico.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**N.** O impasse poderá permanecer sem solução, pois a ciência pode estar sujeita a interesses políticos e econômicos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**O.** O impasse deverá ser resolvido, pois a ciência é neutra.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**P.** Impasses acontecem porque existe uma grande variação de personalidades humanas e, portanto, não há um único perfil de cientista.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**Q.** Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento não precisa ser publicado em revista científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**R.** Para ser aceito na comunidade científica, um posicionamento precisa ser divulgado em meios de comunicação acessíveis para a sociedade.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**S.** Os posicionamentos científicos publicados em revistas de maior credibilidade tendem a ser os mais aceitos entre os cientistas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**T.** O uso de uma analogia, como a contida no termo “efeito estufa”, descaracteriza um termo como científico.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**U.** O uso da interdisciplinaridade descaracteriza o aquecimento global como um tema de interesse científico.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**V.** Um cientista pode invalidar um posicionamento ao manipular os dados que favoreçam um posicionamento.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**W.** Os temas de pesquisa de um cientista independem das fontes de financiamento.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**X.** Os posicionamentos publicados em revistas de alta credibilidade não são contestados.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**Y.** A ciência busca formular hipóteses testáveis, mas não precisa confrontá-las com o mundo real.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**Z.** Dois dos posicionamentos não podem ser considerados científicos, pois o erro não é uma possibilidade na ciência.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Indeciso*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## APÊNDICE C

---

### QUESTIONÁRIO VOSE-EF

---

<b>Questão</b>	<b>Aspectos da Natureza das Ciências (NdC)</b>
1	Sobre a Natureza dos Modelos Científicos
2 e 3	Sobre a Natureza do Conhecimento Científico ( <i>leis e teorias científicas</i> )
4	Sobre o Uso de Imaginação, Criatividade e Analogias
5	Sobre as Teorias e Leis Científicas ( <i>definições</i> )
6	Sobre o Processo de Validação e Aceitação do Conhecimento Científico
7	Sobre Natureza das Observações Experimentais
8	Sobre o Processo de Investigação Científica ( <i>metodologia científica</i> )
9	Sobre as Influências Histórico-Sociais-Culturais nas Pesquisas Científicas

## INSTRUÇÕES

Cada questão deste questionário começa com uma afirmação sobre algum tema relacionado à Natureza da Ciência. A expressão Natureza da Ciência (NdC), geralmente, é usada por pesquisadores para se referir a questões tais como: O que a ciência é? Como se dá a atividade científica? Quais atividades humanas podem ser consideradas científicas? Como os cientistas atuam como grupo social? Como a sociedade e a ciência se influenciam mutuamente? De outro modo, entender a Natureza da Ciência significa responder à seguinte questão: Afinal de contas, o que são as Ciências Naturais e como se dá o processo de validação e aceitação do conhecimento científico?

Muitas afirmações neste questionário adotam uma certa posição que pode ser considerada radical. Naturalmente, você pode livremente concordar fortemente com elas, discordar fortemente ou ter outro pensamento sobre o assunto. Entretanto, em cada afirmação: **VOCÊ DEVE ESCOLHER UMA ÚNICA OPÇÃO!**

Cada pergunta (ou afirmação inicial) será seguida de 4 a 13 argumentos e respostas possíveis. Logo, primeiramente, faça uma leitura global, isto é, uma sondagem de todas as respostas, porém, sem ainda tomar posição totalmente definida. Após uma segunda (ou terceira) leitura, escolha uma das opções (**DF, D, I, C ou CF**) de acordo com seu entendimento sobre a atividade científica, sobre a comunidade científica e seus processos de construção e validação de afirmações científicas.

**DF = Discordo Fortemente** (quando você estiver em pleno desacordo com toda a afirmação).

**D = Discordo** (quando você estiver convicto que discorda de alguma parte da afirmação, mas ainda tem dúvidas ou até mesmo concorda com outras partes da afirmação).

**I = Indeciso, Não Sei ou Sem Comentários** (quando você não tiver conhecimento e/ou repertório sobre o tema).

**C = Concordo** (quando você estiver convicto que concorda com quase toda a afirmação, mas ainda ficou em dúvida com relação a algumas outras palavras ou termos utilizados. Neste caso, pode haver dúvidas, mas não discordâncias convictas).

**CF = Concordo Fortemente** (quando você estiver em pleno acordo com toda a afirmação).

É reforçada a recomendação de ler os itens afirmativos 02 (duas) ou 03 (três) vezes para que você não corra o risco de ser induzido a um posicionamento em particular devido à ordem de apresentação dos argumentos.

**Observação:** Os “temas”, as “questões” e as “suas respostas” dadas a este “Questionário sobre a Natureza da Ciência”, no dia de hoje, serão objetos de recorrentes análises, discussões e reflexões no decorrer toda essa disciplina. Além disso, a carga de leitura acadêmica na disciplina sobre o assunto “Natureza da Ciência”, bem como a necessidade de proposição de outras atividades adicionais, será considerada com base em seus conhecimentos prévios apresentados neste questionário. De tal forma que, quanto mais fidedignas forem suas respostas nesse momento, mais facilmente você poderá avaliar a “real” contribuição da disciplina de História das Ciências para sua formação como futuro(a) professor(a) de física

---

**SOBRE A NATUREZA DOS MODELOS CIENTÍFICOS**

---

**Questão 01. Qual a relação entre os modelos científicos (ex: modelo do Big-Bang, modelo de “quantum de luz”; modelo-padrão das partículas elementares) e a realidade física tal qual ela é?**

---

**A.** A construção de modelos científicos está fundamentada na corroboração empírica, porém, esse processo também reflete o papel essencial de leis e teorias subjacentes, uso de imaginação, criatividade e analogias por parte dos cientistas.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo*  
*Fortemente*

**B.** Uma vez aceito e incorporado ao *corpus* de conhecimento das ciências, um modelo científico é considerado uma cópia fiel da realidade. Portanto, os modelos científicos atualmente aceitos representam de forma autêntica a realidade física.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo*  
*Fortemente*

**C.** Os modelos científicos representam de forma simplificada a realidade física, a qual foi construída (não revelada) por meio de deduções matemática, da experimentação e observação rigorosas.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo*  
*Fortemente*

**D.** Modelos científicos não representam de forma autêntica a realidade física, pois isso é impossível. No entanto, os modelos são construídos para explicar de maneira satisfatória os fenômenos e as observações empíricas disponíveis.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo*  
*Fortemente*

**E.** Os atuais modelos científicos, os quais são bastante abrangentes e precisos, representam de forma autêntica a realidade física, a qual foi revelada (não construída) por meio de deduções matemáticas, da experimentação e observação rigorosas.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo Fortemente*

**F.** Modelos científicos não representam de forma autêntica a realidade física, pois isso é impossível, uma vez que são construções humanas e, portanto, limitadas pela nossa compreensão e pelas observações empíricas disponíveis.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo Fortemente*

**G.** Modelos científicos não representam de forma autêntica a realidade física, pois estão sujeitos a revisões diante de novas evidências, podendo sofrer ajustes e até mesmo serem substituídos por outros mais abrangentes e precisos.

*Discordo Fortemente*                       *Discordo*                       *Concordo*                       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE A NATUREZA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**(teorias científicas)

---

**Questão 02. A teoria quântica da luz de Albert Einstein, cujo desenvolvimento teve início em 1905, embora tenha sido rejeitada por cerca de 20 anos, foi modificada ao longo do tempo, é atualmente aceita pela comunidade científica e possui muitas corroborações experimentais de seus enunciados. O que se pode afirmar acerca da validade dessa teoria nos próximos 100, 200, 300 e até 1000 anos?**

---

**A.** Embora seja considerada bastante difícil, não é possível descartar completamente a chance de ocorrer uma mudança revolucionária na pesquisa científica sobre a natureza da luz no futuro. Dessa forma, diante de novas evidências (anomalias), pode ser necessário que a teoria quântica da luz tenha que ser substituída completamente por outra teoria.

1.(  ) *Discordo Fortemente*    2.(  ) *Discordo*    4.(  ) *Concordo*    5.(  ) *Concordo Fortemente*

**B.** Os avanços científicos não ocorrem rapidamente, mas pelo contrário, necessitam de um longo processo acumulativo de evidências empíricas; portanto, sendo uma teoria amplamente aceita e corroborada nos dias de hoje, a teoria quântica da luz permanecerá totalmente preservada e se fortalecerá ainda mais no futuro.

1.(  ) *Discordo Fortemente*    2.(  ) *Discordo*    4.(  ) *Concordo*    5.(  ) *Concordo Fortemente*

**C.** Com a continuidade das pesquisas sobre a natureza da luz, com novos dados e informações, a teoria quântica da luz poderá sofrer pequenas modificações evolutivas de desenvolvimento de rigor, de precisão e de aplicação, porém, sua essência e seu núcleo central ainda serão preservados no futuro.

1.(  ) *Discordo Fortemente*    2.(  ) *Discordo*    4.(  ) *Concordo*    5.(  ) *Concordo Fortemente*

**D.** A teoria quântica da luz já foi corroborada com base em inúmeras e variadas evidências empíricas, sendo amplamente aceita pelos cientistas nos dias de hoje. Ela alcançou o status de verdade absoluta e está incorporada definitivamente ao “*corpus*” de conhecimento científico da humanidade. Não há mais possibilidades de questionamentos sérios a seu respeito.

(  ) *Discordo Fortemente*    (  ) *Discordo*    (  ) *Concordo*    (  ) *Concordo Fortemente*

**E.** A “verdade científica” é uma flor muito frágil. Se no futuro os cientistas evidenciarem, sem sombra de dúvida, uma única nova observação empírica inconsistente e contraditória (anomalia) com a atual teoria quântica da luz, ela necessariamente terá de ser substituída por outra teoria científica.

(  ) *Discordo Fortemente*    (  ) *Discordo*    (  ) *Concordo*    (  ) *Concordo Fortemente*

## (leis científicas)

---

**Questão 03.** A lei do efeito fotoelétrico ( $K_{\text{máx}} = h.f - W_0$ ), derivada por Albert Einstein em 1905, enfatizada na descrição e justificativa de seu prêmio Nobel de Física de 1921, é atualmente aceita pela comunidade científica e possui muitas corroborações experimentais acerca de sua validade. O que se pode afirmar acerca da validade dessa lei científica nos próximos 100, 200, 300 e até 1000 anos?

---

**A.** Embora seja considerada bastante difícil, não é possível descartar completamente a chance de ocorrer uma mudança revolucionária na pesquisa científica sobre o efeito fotoelétrico no futuro. Dessa forma, diante de novas evidências, pode ser necessário que a “lei do efeito fotoelétrico de Einstein” tenha que ser substituída completamente por outra lei.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Os avanços científicos não ocorrem rapidamente, mas pelo contrário, necessitam de um longo processo acumulativo de evidências empíricas; portanto, sendo uma lei amplamente aceita e corroborada nos dias de hoje, a “lei do efeito fotoelétrico de Einstein” permanecerá totalmente preservada e se fortalecerá ainda mais no futuro.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Com a continuidade das pesquisas sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico, com novos dados e informações, essa lei poderá sofrer pequenas modificações evolutivas de desenvolvimento de rigor, de precisão e de aplicação, porém, sua essência e seu núcleo central ainda serão preservados no futuro.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** Nos últimos 100 anos, essa lei foi corroborada com base em inúmeras e variadas evidências empíricas, sendo amplamente aceita nos dias de hoje. Ela alcançou o *status* de verdade absoluta e está definitivamente incorporada ao “*corpus*” de conhecimento científico da humanidade. Não há mais possibilidades de questionamentos sérios a seu respeito.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** A “verdade científica” é uma flor muito frágil. Se no futuro os cientistas evidenciarem, sem sombra de dúvida, uma única nova evidência inconsistente e contraditória (anomalia) com a atual “lei do efeito fotoelétrico de Einstein”, ela necessariamente terá de ser substituída por outra lei científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE O USO DE IMAGINAÇÃO, CRIATIVIDADE E ANALOGIAS**

---

**Questão 04.** Em sua percepção, por meio do estudo da História das Ciências, quando os cientistas estavam desenvolvendo suas pesquisas sobre a natureza da luz e da matéria (I. Newton, T. Young, A. Fresnel, J. C. Maxwell, H. Hertz, P. Lenard, J. J. Thomson, W. Wien, M. Planck, A. Einstein, R. Millikan e muitos outros), em algum momento, eles utilizaram a imaginação, a criatividade e analogias?

---

A. O uso da imaginação, da criatividade e de analogias são fontes essenciais para a inovação científica e tecnológica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

B. Os cientistas utilizam pelo menos um pouco de imaginação, criatividade e analogias quando estão conduzindo uma pesquisa científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

C. O uso da imaginação, da criatividade e de analogias não são consistentes nem coerentes com o rigor e com os princípios lógicos e objetivos do trabalho científico.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

D. O uso da imaginação, da criatividade e de analogias é um meio legítimo para um cientista defender seu ponto de vista a qualquer custo.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

E. O uso da imaginação, da criatividade e de analogias prejudica a confiabilidade e credibilidade dos resultados científicos. Portanto é um meio ilegítimo para um cientista defender seu ponto de vista.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

F. Além da lógica matemática e de evidências empíricas disponíveis, os físicos teóricos (ex: J. Maxwell, M. Planck e A. Einstein) necessitaram recorrer à imaginação, criatividade e analogias para criar suas respectivas teorias científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

G. Os físicos experimentais (ex: P. Lenard, J. J. Thomson e R. Millikan) não precisaram recorrer à imaginação, criatividade ou analogias, porque eles observaram as propriedades da luz e dos elétrons com seus próprios olhos durante os seus respectivos testes experimentais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

H. Os físicos experimentais, (ex: P. Lenard, J. J. Thomson e R. Millikan) não precisaram recorrer à imaginação, criatividade ou analogias. Eles se dedicaram à coleta e análise de dados sobre a natureza da luz e da eletricidade, tarefas puramente técnicas que demandam apenas treinamento específico no uso de equipamentos e aplicação de lógica matemática.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS**

---

**Questão 05. Considerando a importância do significado correto e preciso dos termos científicos, julgue os itens abaixo sobre teorias e leis científicas.**

---

**A.** As teorias científicas são suposições hipotéticas sobre algum fenômeno, com pouquíssimas evidências empíricas para apoiá-las; portanto, não possuem tanta credibilidade e nem são tão confiáveis quanto às leis científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Se uma teoria científica resiste a inúmeros e variados testes experimentais, então ela poderá se tornar uma lei científica; portanto, uma lei possui muito mais evidências empíricas de apoio e se aplica a um número maior de eventos e fenômenos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Existem teorias científicas que possuem mais evidências empíricas de apoio do que algumas leis científicas em fenômenos da mesma área de pesquisa.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** As teorias e as leis científicas são diferentes tipos de conceitos/categorias nas ciências naturais; portanto, elas não podem ser organizadas hierarquicamente quanto a algum grau de superioridade ou de certeza científica

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** As teorias e as leis científicas são conceitos/categorias idênticos, pois ambas podem ser refutadas ou invalidadas no futuro, bem como utilizadas para fazerem previsões sobre um fenômeno.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** As teorias e as leis científicas são conceitos/categorias diferentes, enquanto teorias produzem afirmações generalizadas e universais sobre a natureza, as leis científicas são mais específicas e restritas a casos particulares dos fenômenos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** As teorias e as leis científicas são conceitos/categorias diferentes, embora ambas possam fazer previsões acerca de um fenômeno, o que possibilita que ambas possam ser confirmadas ou refutadas/invalidadas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** Na História da Física, algumas leis científicas têm mostrado um período de corroboração científica (validade) relativamente mais duradouro em comparação com o tempo de vida das teorias científicas que as originaram. No entanto, é importante reconhecer que a validade científica de qualquer lei ou teoria científica está sujeita a um processo contínuo de investigação e revisão.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE O PROCESSO DE VALIDAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

---

**Questão 06.** Tomando como exemplo os três casos de controvérsias científicas históricas analisados durante esse curso de História das Ciências (*teoria corpuscular de Newton x teoria ondulatória de Young sobre a natureza da luz; interpretação inglesa [corpuscular] x germânica [ondulatória] sobre a natureza dos raios catódicos; teoria clássica do eletromagnetismo de Maxwell x teoria quântica de Einstein sobre a natureza da luz*), o que se concluir sobre os processos de aceitação de novos conhecimentos científicos? Julgue os itens a seguir considerando os fatores que podem influenciar esse processo.

---

**Note e Adote:** “Aceitar” uma teoria é uma postura adotada pela comunidade científica quando as pesquisas relevantes sobre um certo fenômeno são consideradas como efetivamente completadas. Logo, quando se diz que a teoria “T” foi “aceita”, significa que a comunidade científica considerou que essa teoria não necessita ser submetida a investigações futuras sobre seus fundamentos, de tal forma que ela já está bem estabelecida e consolidada a ponto de ser utilizada em novos projetos de ciência aplicada, e também incluída no seletor “*corpus* de conhecimentos científicos da humanidade”.

**A.** Diante de controvérsias científicas, os cientistas deixam temporariamente em aberto o julgamento e não aceitam nenhuma das teorias concorrentes antes de distinguir, por meio da argumentação e de novas evidências empíricas, qual delas era definitivamente a melhor.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Diante de controvérsias científicas, os cientistas aceitam as duas teorias científicas competidoras, porque ambas podem fornecer explicações racionais, plausíveis e com o apoio de evidências empíricas disponíveis, porém, com base em diferentes perspectivas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que é bastante difícil abandonar ideias já amplamente aceitas e adotar novas e, portanto, os cientistas adotam atitude conservadora, isto é, a maioria deles escolhe continuar aceitando a teoria científica com a qual eles já estão mais familiarizados<sup>145</sup>.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que a simplicidade é um critério importante no momento de escolha entre teorias competidoras e incompatíveis sobre um mesmo fenômeno.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

<sup>145</sup> **(Sugestão de alteração pela Banca Examinadora).** C. Diante de controvérsias científicas, observa-se que é bastante difícil abandonar ideias já amplamente aceitas e adotar novas e, portanto, os cientistas adotam atitude conservadora, isto é, a maioria deles escolhe continuar aceitando a teoria científica com a qual eles já estão mais familiarizados, até que novos estudos ou evidências mais conclusivas mostrassem a sua pertinência. Entende-se a essência do que está em jogo – a relutância à aceitação do novo – mas da forma como estava redigida, a afirmação era muito radical. Não fosse assim o conhecimento não teria a dinamicidade que tem.

**E.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que o *status* acadêmico de cada grupo de cientistas (experiência, prestígio, reputação, gênero, nacionalidade etc.) é um fator importante e que influencia no processo de aceitação de uma teoria na comunidade científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que os cientistas quase sempre tendem a aceitar as novas teorias científicas, no entanto, preferencialmente aquelas que apresentam somente pequenas modificações com relação à teoria atualmente aceita.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que os cientistas usam, pelo menos um pouco, de intuição (pressentimento) para julgar subjetivamente a aceitação de uma das duas teorias científicas competidoras.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** Diante de controvérsias científicas, observa-se que a avaliação sobre o grau de alcance, de fecundidade e de “fertilidade” de cada uma das duas teorias, isto é, o potencial para no futuro próximo os cientistas investigarem novos fenômenos, bem como atrair recursos para pesquisas, é um fator importante no processo de escolha individual de cada cientista.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

## SOBRE A NATUREZA DAS OBSERVAÇÕES EXPERIMENTAIS

---

**Questão 07.** “É bastante discutido na História, Filosofia e Sociologia das Ciências se as observações experimentais realizadas por um grupo de cientistas foram influenciadas ou não por suas crenças pessoais, valores socioculturais, preferências teóricas e metodológicas, ideologias e, em especial, por suas expectativas futuras com os resultados da pesquisa: lucro, fama; prestígio etc.”.

**Diante das informações compartilhadas nesse curso de História da Ciência, tomando como recorte principal as investigações científicas sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico no início do século XX, você considera válido, razoável e seguro dizer que cientistas, agindo o mais honestamente possível, podem relatar observações experimentais diferentes, até mesmo contraditórias, na mesma época, para um mesmo resultado experimental?**

---

**A.** Os relatos das observações experimentais podem ser diferentes, porque diferentes preferências teóricas, valores e crenças pessoais levam a diferentes expectativas que, por sua vez, influenciam na coleta e análise de dados.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**B.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque os cientistas formados na mesma área de pesquisa possuem ideias muito semelhantes.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**C.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque a excelente formação e treinamento acadêmico possibilitam que cientistas abandonem suas preferências teóricas, valores, crenças e interesses, tornando-se neutros, imparciais e objetivos na condução de suas pesquisas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**D.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos, porque as observações experimentais são exatamente aquilo que nós vemos e nada mais. As observações experimentais são meramente uma reprodução objetiva do mundo exterior. Fatos são fatos, e contra fatos científicos não há argumentos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**E.** Os relatos das observações experimentais devem ser praticamente os mesmos. Embora a subjetividade e os vieses pessoais não possam ser completamente eliminados, a prática científica adota mecanismos eficientes para melhorar sua objetividade e imparcialidade, como a publicidade dos estudos científicos e a revisão por pares.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**F.** Os relatos das observações experimentais podem ser diferentes, embora as imagens formadas na retina sejam exatamente iguais. Porém, a interpretação é não neutra, isto é, aquilo que cada cientista percebe e compreende é influenciado pelo contexto e por fatores subjetivos.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**G.** Os relatos das observações experimentais podem ser diferentes, porque a complexidade dos fenômenos estudados, o conhecimento científico disponível e as limitações inerentes aos testes experimentais podem permitir diferentes interpretações para o mesmo resultado experimental.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** Os relatos das observações experimentais devem ser os mesmos, porque o uso rigoroso e diligente do Método Científico Hipotético-Dedutivo não admite interpretações diferentes para o mesmo resultado experimental.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE A METODOLOGIA CIENTÍFICA**

---

**Questão 08a.**

**Afinal de contas, como funciona essa coisa chamada “Ciência[s]”? E qual sua relação com o tal do “Método Científico”? Analise os itens abaixo sobre o assunto.**

---

A. O *Método Científico* é útil na maioria dos casos, mas não é nenhuma garantia de resultados válidos e positivos. Portanto, os cientistas normalmente precisam construir (elaborar / criar / inventar) novos métodos de investigação.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

B. Na prática, não se pode dizer que existe o *Método Científico*, rígido e obrigatório para o desenvolvimento de pesquisas científicas. Se uma nova metodologia de investigação estiver apoiada no valor da evidência empírica, na lógica e na argumentação, ela será considerada válida e aceitável pela comunidade científica<sup>146</sup>.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

C. Na prática, não se pode dizer que existe o *Método Científico* fixo, rígido e obrigatório para o desenvolvimento de pesquisas científicas. O conhecimento científico pode ser, e foi muitas vezes, descoberto (revelado / encontrado / localizado) acidentalmente<sup>147</sup>.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

D. Existem diferentes tradições e diversas metodologias científicas que variam radicalmente de acordo com aquilo que se quer estudar (planetas, doenças, fósseis, átomos e moléculas); e é isto que determina a metodologia de investigação pela qual a pesquisa científica irá ocorrer.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

E. Desde que seja seguido rigorosamente, o *Método Científico* é uma garantia de resultados válidos, confiáveis, precisos, imparciais e objetivos. Por isso, a comunidade científica adota e aceita somente essa metodologia de investigação.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

F. A comunidade científica apenas recomenda o uso do *Método Científico*, porque ele é um procedimento sistemático, lógico e racional de investigação, cujo objetivo é facilitar a obtenção de conhecimentos sobre os

---

<sup>146</sup> **(Sugestão de alteração pela Banca Examinadora).** B. Não existe um *Método Científico* fixo, universal e obrigatório para todas as pesquisas científicas. Desde que as metodologias de investigação estejam apoiadas no valor da evidência empírica, em teorias científicas consolidadas, na lógica e na argumentação, qualquer método é válido e aceitável. Certamente, não é apenas a evidência empírica que deve ser ressaltada, para não deixar margem a concepção (empírico-indutivista e atórica) de que é a partir dos fatos que se elaboram construções teóricas.

<sup>147</sup> **(Sugestão de alteração pela Banca Examinadora).** C. Na prática, não se pode dizer que existe o *Método Científico* fixo, rígido e obrigatório para o desenvolvimento de pesquisas científicas. O conhecimento científico pode ser, e foi muitas vezes, construído com base em observações acidentais.

fenômenos físicos, químicos e biológicos. No entanto, outros métodos de investigação também são considerados aceitáveis e válidos.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**G.** As investigações científicas podem se desenvolver diversas maneiras. Mas o importante é que, quando os resultados das pesquisas se tornam públicos, a comunidade científica utilizará o *Método Científico* para verificar confiabilidade dos resultados, erros procedimentais e até mesmo possíveis fraudes.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

#### **Questão 08b.**

**Como os cientistas conduzem suas investigações sobre os fenômenos naturais? Analise os itens abaixo sobre o assunto.**

**a.** Todos os cientistas utilizam a mesma metodologia para conduzir suas pesquisas, o método científico universal.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**b.** Os cientistas utilizam diferentes metodologias para conduzir suas pesquisas, até mesmo criam novas metodologias científicas caso necessário.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**c.** Todos os cientistas utilizam alguma forma de metodologia científica para conduzir suas pesquisas, mas nem todas as pessoas que utilizam alguma metodologia científica em sua profissão podem ser consideradas cientistas.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

#### **Questão 08c.**

**Os cientistas J. J. Thomson, P. Lenard, E. Rutherford e N. Bohr propuseram seus respectivos modelos de estrutura atômica da matéria depois longos processos de investigação científica teórico-experimental. Como eles realizaram essas investigações científicas? Analise os itens abaixo sobre o assunto.**

**a.** Todos os cientistas citados seguiram rigorosamente a mesma metodologia para conduzir suas pesquisas, o *Método Científico Universal*.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**b.** Algum deles podem ter seguido rigorosamente o *Método Científico Universal* em suas pesquisas, enquanto outros podem ter adotado abordagens ligeiramente diferentes ou complementares.

( ) *Discordo Fortemente*      ( ) *Discordo*      ( ) *Concordo*      ( ) *Concordo Fortemente*

**c.** Em suas investigações científicas, os cientistas citados podem ter utilizado diferentes metodologias científicas, mas para validação e aceitação de seus resultados experimentais, eles seguiram rigorosamente as etapas do *Método Científico Universal*.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**d.** Na prática, não se pode afirmar que existe o *Método Científico Universal* para realização de investigações científicas, pois admite-se o uso de diferentes abordagens e métodos de investigação para o mesmo fenômeno.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

---

**SOBRE AS INFLUÊNCIAS HISTÓRICO-SOCIAIS-CULTURAIS NAS PESQUISAS CIENTÍFICAS**

---

**Questão 09.** Diante das informações compartilhadas nesse curso de História das Ciência, tomando como recorte principal as investigações científicas sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico no início do século XX, como você se posiciona quanto às afirmativas abaixo a respeito da influência ou não de elementos histórico-sociais na pesquisa científica?

---

A. Com excelente treinamento e formação acadêmica, os cientistas são capazes de dedicar-se de forma imparcial, autônoma e livre da influência de valores socioculturais na realização de suas investigações científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

B. O conhecimento científico é neutro, ou seja, não político, não ideológico e autônomo. Além disso, requer e possui um elevado grau de imparcialidade e objetividade; portanto, é livre da influência e da interferência de valores socioculturais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

C. Os valores socioculturais não influenciam nem a direção e nem a escolha dos temas das investigações científicas, mas as aplicações tecnológicas da ciência podem ser julgadas como “boas” ou “más” de acordo com os valores socioculturais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

D. A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque o direcionamento das pesquisas, isto é, a escolha dos temas, fenômenos e problemas a serem investigados, responde apenas ao interesse em desenvolver cada vez mais o conhecimento científico por si só.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

E. A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque ela trabalha de acordo com os princípios do *Método Científico Universal*, ou seja, a escolha racional entre hipóteses e teorias não envolve questões relacionadas a valores.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

F. A ciência é neutra (livre de valores socioculturais) porque suas implicações lógicas não envolvem juízos de valor. Suas afirmações baseiam-se somente em evidências empíricas disponíveis, predições teóricas e na argumentação.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

G. Os valores socioculturais podem influenciar o direcionamento e a escolha dos temas e fenômenos nas pesquisas científicas, exercendo um papel muito relevante, por exemplo, na avaliação de possíveis impactos negativos de futuras aplicações tecnológicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**H.** A ciência não é neutra, isto é, não está livre da influência de valores socioculturais, pois os próprios cientistas são inevitavelmente influenciados pelos valores de sua sociedade, os quais podem refletir em suas observações experimentais e interpretações.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**I.** A ciência não é neutra porque os fatores subjetivos não podem ser completamente eliminados, pois como atividade humana, a ciência é inevitavelmente influenciada por valores, crenças pessoais, vieses ideológicos, contextos políticos, econômicos e sociais.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**J.** A ciência é neutra (livre de valores socioculturais), porque as hipóteses e teorias científicas são aceitas ou rejeitadas com base no critério da adequação empírica entre experimentos e teorias; e esse processo certamente não inclui nenhum valor sociocultural.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**K.** Embora a escolha de hipóteses e teorias científicas baseia-se na confiabilidade das evidências empíricas disponíveis, ainda assim, a neutralidade científica é um mito, pois valores socioculturais e outros fatores subjetivos certamente estão presentes na ciência.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**L.** A sociedade, por meio da defesa dos valores socioculturais de sua época, ao menos em alguns momentos, é capaz julgar e interferir nos métodos e nas normas de trabalho da ciência, bem como até mesmo influenciar na escolha de uma teoria científica.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

**M.** Valores socioculturais e outros aspectos subjetivos não têm relação com os fatos científicos em si, no entanto, juízos de valor têm implicações e influências sobre o interesse, sobre a relevância e sobre a aceitação ou rejeição de certas afirmações científicas.

*Discordo Fortemente*       *Discordo*       *Concordo*       *Concordo Fortemente*

## APÊNDICE D

---

### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO GERAL SOBRE A DISCIPLINA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA 2023-1

---

Questão	Aspectos Avaliativos (percepções dos estudantes ...)
1	Sobre a Participação/Engajamento dos Estudantes
2	Sobre a Qualidade dos Textos Seleccionados
3	Sobre os Prazos Estipulados para Entrega das Atividades
4	Sobre a Condução das Discussões e Reflexões por parte dos Professores-pesquisadores
5	Sobre a Organização Didático-Estrutural e Sequência Lógica dos Assuntos
6 e 11 (aberta)	Sobre a Influência da Disciplina para uma Compreensão Mais Precisa e Bem Informada sobre a Natureza da Ciência
7 e 12 (aberta)	Sobre a Influência da Disciplina para uma Formação Crítica quanto à Utilização de Narrativas (Pseudo)Históricas
8	Sobre a Qualidade Geral da Disciplina História da Ciência 2023-1
9 e 10 (aberta)	Sobre a Oferta da Disciplina História da Ciência na Matriz Curricular
13 (aberta)	Sobre as Possíveis Influências da Disciplina para a Futura Prática Docente
14 (aberta)	Sobre as Limitações, Obstáculos e Dificuldades na Disciplina
15 (aberta)	Comentários Livres



**10.** Considerando a matriz curricular do Curso de Bacharelado em Física, no formato atual, você considera que a disciplina de História das Ciências 2023-1 deve ser uma disciplina:

[ ] *Optativa*

[ ] *Obrigatória*

**11.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) quanto à *Natureza das Ciências* sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Por favor, compartilhe alguns exemplos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**12.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) quanto ao uso didático da *História da Física* sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Por favor, compartilhe alguns exemplos

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**13.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) de prática docente futura sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Dê alguns exemplos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### Sistematização Temática das Respostas às Questões Abertas 11 a 15.

As respostas dos estudantes foram organizadas de acordo com as críticas e sugestões relacionadas aos temas avaliados. Além disso, foram corrigidas ortograficamente e gramaticalmente para garantir clareza e precisão, sem alterar o conteúdo ou as ideias expressas. A intenção foi preservar a autenticidade e o estilo original das respostas, mantendo o significado e a intenção dos estudantes, com o objetivo exclusivo de aprimorar a compreensão do texto.

**11.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) quanto à *Natureza das Ciências* sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Por favor, compartilhe alguns exemplos.

<b>MUDANÇAS SIGNIFICATIVAS</b>
<p><b>Descrição:</b> Alterações profundas nas concepções dos estudantes sobre a NdC, bem como reestruturação significativa de ideias pré-existentes, incluindo o entendimento de que a ciência é influenciada por fatores sociais, culturais, econômicos e políticos.</p> <p><b>Justificativa:</b> Muitos estudantes indicaram que, após a disciplina, adquiriram uma nova visão mais crítica sobre a ciência e seus processos, especialmente no reconhecimento da subjetividade e das influências externas no trabalho científico.</p>
<p><b>E2:</b> <i>"Não tinha trabalhado antes, então as aulas me ajudaram a aprender novos conceitos e significados"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E3:</b> <i>"Sim, eu acho que antes dessa disciplina eu ainda tinha muitos pensamentos errados (mesmo no terceiro ano). Hoje em dia, sei analisar melhor a pseudo-história"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E4:</b> <i>"Minha concepção inicial alterou-se significativamente após a disciplina. Pude entender mais sobre leis e teorias científicas e o contexto social da construção do conhecimento científico"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E5:</b> <i>"Sim, além de ampliar e incentivar os conhecimentos sobre a construção da história da física, a disciplina trouxe, em muitas aulas, a visão do cientista. Também trouxe aspectos socioculturais importantes"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E6:</b> <i>"Sim, desde o significado de algumas palavras até a elaboração e a estrutura na hora de explicar ou escrever um texto"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E7:</b> <i>"Sim. Após a disciplina História da Ciência 2023-1, consegui adquirir conhecimentos de física e matemática que me auxiliaram nas aulas que ministrei. Um exemplo disso é a abordagem matemática e física do efeito fotoelétrico. Como a disciplina foi focada nesse tema, ela forneceu um conhecimento amplo sobre o assunto. As informações transmitidas nas aulas sobre a natureza da ciência contribuíram para as discussões em sala de aula"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E9:</b> <i>"Sim. Após a disciplina, consegui compreender melhor como a natureza das ciências é importante para a história e como aplicá-la de forma correta"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E12:</b> <i>"Sim, sofreu mudanças. Começo pela palavra 'Ciência'. A consideração de que existem vários processos em torno de apenas uma palavra é algo mais claro para mim no momento. A questão da neutralidade científica também foi um aspecto que se tornou mais claro na minha percepção"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E14:</b> <i>"Sim. Acreditava que a ciência era realmente sempre imparcial e livre de valores socioculturais"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E17:</b> <i>"Sim. Antes de cursar a disciplina de História da Ciência, minha visão sobre a natureza da ciência (NdC) era um pouco arbitrária, mas agora consigo ter uma visão mais clara"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E19:</b> <i>"Sim. Anteriormente, eu possuía um entendimento totalmente equivocado a respeito da NdC"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E21:</b> <i>"Sim, pois percebi a importância de usar os termos certos, corrigindo os errados. No futuro, não confundirei os alunos com concepções errôneas sobre a natureza da ciência"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E22:</b> <i>"Sim, os fatos sobre o efeito fotoelétrico para mim eram exclusivos de Einstein"</i> (Q. 11).</p>

<b>APROFUNDAMENTO E REFINAMENTO</b>
<p><b>Descrição:</b> A disciplina aprimorou a compreensão bem informada (ou parcialmente informada) dos estudantes, esclarecendo conceitos e proporcionando um entendimento mais detalhado. A principal contribuição foi o amadurecimento e a reorganização de ideias já formadas.</p> <p><b>Justificativa:</b> Os estudantes que já possuíam uma base sólida sobre alguns aspectos da NdC relataram que a disciplina consolidou seus conhecimentos, permitindo um entendimento mais robusto.</p>
<p><b>E1:</b> <i>"Sim. Alguns conceitos e 'imagens' ficaram mais claros ou até foram alterados, levando-me a ter um pensamento crítico com as leituras. Um exemplo básico foi a distinção entre leis, teorias e postulados"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E10:</b> <i>"Sim. Minha visão sobre a imparcialidade, e não a neutralidade, do cientista e, conseqüentemente, sobre a própria interpretação dos dados experimentais brutos, foi corroborada. Ainda vejo a ciência como um modelo que se baseia em dados experimentais observados, mas agora a enxergo como um modelo construído por pessoas sujeitas à influência de fatores sociais, culturais, econômicos e políticos. Em última instância, os dados experimentais são os mais importantes, mas entendo a influência de fatores humanos em suas interpretações"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E11:</b> <i>"Acho que houve um bom aprimoramento. Tenho a concepção de que tudo que vimos de alguma forma já estava em minha mente, por eu simplesmente ler bastante sobre isso. Por isso, acredito que a disciplina amadureceu minhas ideias, mas uma coisa 'nova' foi o debate sobre as diferenças entre leis e teorias científicas, que eu ainda não tinha refletido sobre"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E16:</b> <i>"Sim, mesmo havendo o contato em outras disciplinas, como metodologia, acredito que o tema não havia sido debatido mais 'a fundo', pois sempre fomos questionados ao longo da disciplina sobre isso, por exemplo, em debates, apresentações e textos"</i> (Q. 16).</p> <p><b>E18:</b> <i>"Sim. Eu não tinha noção das diferenças e semelhanças entre leis e teorias científicas"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E20:</b> <i>"Sim. Antes da disciplina, o conceito de NdC para mim era um pouco abstrato. Após as discussões em sala de aula, durante os seminários e a leitura dos textos, essa concepção se tornou mais clara para mim"</i> (Q. 11).</p>
<b>PERCEPÇÕES DE POUCA ALTERAÇÃO</b>
<p><b>Descrição:</b> Alguns estudantes relataram que já tinham uma concepção bem informada sobre a NdC, e a disciplina serviu apenas para aprofundar ou reafirmar o que já sabiam.</p> <p><b>Justificativa:</b> As respostas mostram que, para esses estudantes, o impacto da disciplina foi menor, funcionando mais como um ajuste ou confirmação de ideias pré-existentes.</p>
<p><b>E8:</b> <i>"Não sofreu muitas alterações. A professora Sandra Gatti trabalhou muito bem, mas essa disciplina conseguiu aprofundar o conteúdo de forma excelente"</i> (Q. 11).</p> <p><b>E13:</b> <i>"Sim, mas não muito. Eu já tinha uma boa noção sobre aspectos da Natureza da Ciência (NdC) e História da Ciência (HC)"</i> (Q. 11).</p>
<b>Outros</b>
<p><b>Descrição:</b> Agrupa respostas que não se encaixam nas outras categorias ou que falam de aspectos variados.</p> <p><b>Justificativa:</b> A categoria "Outros" foi criada para respostas que mencionam diferentes aspectos que não abordam diretamente as concepções da NdC, mas que ainda são pertinentes ao impacto da disciplina.</p>
<p><b>E15:</b> <i>"Sim, minha concepção inicial sofreu muitas modificações. Inicialmente, achei que iríamos estudar várias teorias/leis científicas, e não apenas focar em um único evento ou fenômeno"</i> (Q. 11).</p>

**Questão 12.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) quanto ao uso didático da *História da Física* sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Por favor, compartilhe alguns exemplos

**Questão 13.** Sua concepção inicial (antes da disciplina) de prática docente futura sofreu alguma modificação após a disciplina História das Ciências 2023-1? Se sim ou se não, justifique sua resposta. Dê alguns exemplos.

<b>CONCEPÇÕES E IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA</b>
<p><b>Descrição:</b> Agrupa percepções gerais sobre o valor e a relevância da História da Ciência no aprendizado e na formação acadêmica.</p> <p><b>Justificativa:</b> As respostas refletem uma compreensão mais profunda sobre a importância da História da Ciência, consolidando a visão dos estudantes ao longo do curso.</p>
<p><b>E1:</b> <i>Sim. Não sabia ao certo como era a História da Ciência e acabava por não perceber alguns fatores que influenciaram na história (Q.12).</i></p> <p><b>E3:</b> <i>Sim, hoje em dia acho mais válido o uso da História da Física, até porque não se faz Física/Ciência sem história (Q.12).</i></p> <p><b>E4:</b> <i>Sim, houve um reforço da ideia de que a natureza da ciência e a história da física são essenciais na formação do físico (Q.12).</i></p> <p><b>E6:</b> <i>Sim, vejo a importância do uso da História da Ciência na formação de alunos de qualquer ano, já que, dessa maneira, evita-se a propagação de ideias equivocadas (Q.13).</i></p> <p><b>E7:</b> <i>Sim. A disciplina História da Ciência ajudou a perceber a importância da abordagem dessa área na aula. Com a disciplina, várias informações foram fornecidas e poderão ser utilizadas em breve, quando eu for licenciada (Q.12).</i></p> <p><b>E9:</b> <i>Sim, adquiri experiências na área da História das Ciências, e com as aulas aprendi sobre a propagação da pseudo-história, entre outros temas abordados (Q.12).</i></p> <p><b>E11:</b> <i>Sim, pois anteriormente parecia algo que não precisava ser aprofundado, mesmo sabendo dos problemas. Tinha a impressão de que seria mais um recurso para fugir da mesmice teórico-matemática das aulas, mas agora vejo que, para entender o internalismo e o externalismo da ciência, a História da Ciência é muito necessária (Q.12).</i></p> <p><b>E12:</b> <i>Sim, sofreu mudanças. Antes, os benefícios da História da Ciência estavam mais voltados à estratégia válida para o aprendizado. No entanto, notei que existem questões mais profundas que dizem respeito ao próprio modo de fazer ciência (Q.12).</i></p> <p><b>E13:</b> <i>Sim, a coisa mais marcante para mim foi a frase dita por um dos docentes: 'O uso da História da Ciência pode ser benéfico ou não, depende da abordagem'. História da Ciência pode ajudar e atrapalhar, é preciso saber como trabalhar com ela (Q.12).</i></p> <p><b>E14:</b> <i>Sim. A história da física é uma ferramenta poderosa para disseminar o conhecimento, uma vez que entender as motivações e os problemas da época em que as teorias foram formuladas contribui para o entendimento da teoria (Q.12).</i></p> <p><b>E15:</b> <i>Sempre considere que a história da física seria extremamente útil para fins didáticos, e esta concepção continua prevalecendo (Q.12).</i></p> <p><b>E17:</b> <i>Sim, com certeza, minha visão de História da Física teve uma melhora, principalmente envolvendo o contexto histórico (Q.12).</i></p> <p><b>E18:</b> <i>Não, eu já tinha noção da importância desse curso devido às aulas de metodologia (Q.12).</i></p> <p><b>E19:</b> <i>Não, sempre tive em mente que a História da Física era importante para o ensino de física, pois fórmulas jogadas não contribuem em nada para o desenvolvimento do aluno (Q.12).</i></p> <p><b>E20:</b> <i>Sim, lendo os textos propostos pelos professores, percebi que entender os contextos por trás dos trabalhos é muito importante (Q.12).</i></p> <p><b>E20:</b> <i>Não, sempre achei a parte filosófica muito importante para o ensino de física (Q.13).</i></p>
<b>APLICAÇÕES DIDÁTICAS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA</b>
<p><b>Descrição:</b> Concentra respostas relacionadas às aplicações práticas da História da Ciência no ensino, com foco na docência, na produção de materiais didáticos e nos desafios para sua implementação.</p> <p><b>Justificativa:</b> Esta categoria lida com a prática docente, desafios e dificuldades de implementar a História da Ciência em sala de aula. Os temas interligados dialogam sobre como a disciplina pode ser aplicada no ensino e os cuidados necessários, bem como as percepções sobre o papel do professor.</p>
<p><b>E1:</b> <i>Sim, principalmente sobre os livros didáticos e como eles ocultam várias partes da ciência (Q.13).</i></p> <p><b>E2:</b> <i>Sempre achei que o uso didático fosse muito importante para o professor e o aluno, pois, às vezes, há conteúdos que não apresentam realidade ou que não auxiliam verdadeiramente no entendimento e assimilação do conhecimento (Q.12).</i></p> <p><b>E4:</b> <i>Sim, pude visualizar o uso da História da Ciência dentro da sala de aula como futura docente (Q.13).</i></p> <p><b>E5:</b> <i>Acredito que, a partir da disciplina, seja necessária a implementação de aspectos nas aulas para uma maior aproximação entre aluno e ciência (Q.13).</i></p> <p><b>E6:</b> <i>Sim, um simples ajuste em alguma aula ou o uso da História da Ciência pode melhorar o conteúdo e evitar ideias erradas. Além disso, deixa o conteúdo mais rico (Q.12).</i></p> <p><b>E7:</b> <i>Sim. A didática da história da física é muito importante. A disciplina mostrou como a história da física pode tornar a aula mais dinâmica e didática, facilitando a transmissão do conhecimento para os alunos (Q.13).</i></p>

- E8:** Não, pois é difícil abordá-la com pouco tempo no ensino médio, mesmo com sua importância (Q.12).
- E10:** Sim, vejo hoje a utilização da História da Ciência dentro da sala de aula como fundamental para a compreensão dos conceitos físicos. Isso porque, para entender os conceitos, precisamos saber como surgiram e se modificaram ao longo do tempo (Q.12).
- E11:** Sim, agora sempre vou travar quando um aluno perguntar se fulano descobriu alguma coisa, vou entrar em crise existencial (Q.13).
- E12:** Sim, sofreu mudanças. Hoje noto mais benefícios para empregar a História da Ciência em sala de aula. E também percebo desvantagens, como o risco de cair em um 'relativismo exacerbado', algo que eu não havia considerado anteriormente (Q.13).
- E14:** Como faço parte do bacharelado em física e não pretendo cursar licenciatura, em nenhum momento vi o curso como algo relevante para a prática docente (Q.13).
- E15:** Sim, a partir desta disciplina, pude perceber o cuidado que devemos ter no papel de professores ao abordar a Física e suas diversas teorias e leis científicas, para não acabar transmitindo uma visão errada acerca da ciência (Q.13).
- E16:** Sim, me fez buscar incorporá-la em planos de aula, por exemplo, durante a disciplina de metodologia. Além disso, me fez prestar atenção ao uso incorreto da História da Ciência, que pode causar consequências para os alunos (Q.12).
- E16:** Sim e não. Quando decidi ir para a licenciatura, já tinha ponderado sobre o tipo de professor que gostaria de ser. Mas houve acréscimos em relação às formas como gostaria de fazer uso da História da Ciência em sala de aula e até mesmo em pesquisas futuras (Q.13).
- E19:** Não. Como dito na questão anterior, sempre tive uma visão clara de qual professor quero ser futuramente (Q.13).
- E22:** Médio. De maneira geral, acredito que o curso me impactou muito, mas transmitir isso em sala de aula é bastante complicado (Q.13).

#### IMPACTO NA FORMAÇÃO ACADÊMICA E PROFISSIONAL

**Descrição:** Inclui respostas que falam sobre como a disciplina contribuiu para a formação crítica, reflexiva e profissional dos estudantes, seja como docentes ou pesquisadores.

**Justificativa:** Essa categoria reflete tanto a formação profissional quanto a ampliação da visão crítica dos estudantes sobre a natureza da ciência.

- E2:** Sempre achei um grande desafio trazer com seriedade e tratar com cuidado o material utilizado. Não pretendo exercer a docência, mas acredito que na divulgação científica o mesmo cuidado deve ser aplicado (Q.13).
- E3:** Acredito que serei uma profissional melhor depois dessa disciplina. Tiveram momentos difíceis, mas não posso negar os aprendizados gerados pelos debates e aulas (Q.13).
- E5:** A disciplina de História da Ciência atendeu às expectativas, além de até mesmo surpreender, trazendo assuntos relativamente 'polêmicos' para uma maior e melhor construção do conhecimento (Q. 12).
- E10:** Sinceramente, não me enxergo muito como docente, mas mais como pesquisador. Este tema não foi suficientemente pensado por mim para ser desenvolvido. Exceto como descrito na questão 12, sobre o uso da História da Física para complementar conceitos físicos (Q.13).
- E13:** Sim, acredito que serei um professor melhor, sabendo como contribuir para uma construção mais fiel da natureza da ciência (Q.13).
- E17:** Sim, pude perceber que posso ser uma docente melhor e não apenas passar o conteúdo (Q.13).
- E18:** Sim, percebi que o uso da História da Física é mais do que necessário (Q.13).
- E21:** Sim, quando vou preparar um trabalho, tenho maior cautela para pesquisar o assunto (Q.12).
- E21:** Sim, agora vejo a importância de introduzir tal tema no ensino médio (Q.13).
- E22:** Sim, comecei a dar aulas e inseri fatos reais sobre a ciência (Q.12).

#### Outros

**Descrição:** Agrupa respostas que não se encaixam nas outras categorias ou que falam de aspectos variados.

- E8:** Não. Isso já foi explicado na questão anterior (Q.13).
- E9:** Sim, os docentes foram flexíveis em alguns aspectos, como a criação do Google Classroom e a flexibilização dos prazos de entrega das atividades. Contudo, sugiro a redução da carga de atividades semanais, considerando a complexidade de outras disciplinas e o estágio (Q.13).

**Questão 14:** Levando em consideração as suas principais dificuldades e/ou obstáculos relacionados à disciplina *História das Ciências 2023-1*, quais aspectos você sugere que os professores considerem com mais atenção em uma futura oferta dessa disciplina?

TEMAS AVALIADOS	COMENTÁRIOS
<b>Participação Discente</b>	(Sem comentários registrados)
<b>Qualidade dos Textos</b>	(Sem comentários registrados)
<b>Prazos das Atividades</b>	<p>E1: "As leituras de grandes artigos, aliadas aos prazos de entrega, tornam-se muito difíceis e exaustivas. Entender que há outras disciplinas interfere na capacidade de cumprir as demandas."</p> <p>E2: "A quantidade de trabalhos, pois, em alguns momentos, os alunos ficam sobrecarregados e não conseguem entregar as atividades a tempo."</p> <p>E3: "O conteúdo é muito denso, e há muitas atividades. Três seminários?? Não há necessidade, nem em Metodologia temos tantos seminários assim."</p> <p>E4: "Diminuir a demanda de trabalhos semanais."</p> <p>E5: "Reduzir a quantidade de exercícios e tarefas propostas. De resto, acredito que está tudo bem elaborado."</p> <p>E6: "Reavaliar os prazos para a entrega de atividades semanais."</p> <p>E8: "O tempo para realização das atividades foi satisfatório para mim, mas entendo que muitas pessoas trabalham, o que pode dificultar."</p> <p>E9: "Em minha sincera opinião, minha maior dificuldade foi realizar todas as atividades com o mesmo grau de qualidade devido ao curto prazo, considerando também as demais disciplinas. O curso foi extremamente satisfatório, mas as atividades semanais tornaram-se um obstáculo para vários colegas da turma."</p> <p>E15: "Propor prazos de entrega mais acessíveis para as atividades."</p> <p>E16: "Considerar a grade curricular dos discentes, pois isso pode impactar a disponibilidade de horários para as atividades. Sugerir tempos de execução adequados."</p> <p>E17: "Aumentar o prazo de algumas atividades. As atividades realizadas em todas as aulas tornam-se cansativas."</p> <p>E19: "Levar em consideração a grade curricular e o cansaço dos alunos. Diminuir a frequência de trabalhos."</p> <p>E21: "Controlar a quantidade de trabalhos extraclasse, considerando que grande parte dos alunos do período noturno trabalha para se sustentar. A carga atual dificulta e desanima o processo de aprendizagem."</p> <p>E22: "Atentar-se aos prazos, organização e filtragem dos conteúdos propostos."</p>
<b>Condução das Discussões e Reflexões pelos professores</b>	<p>E3: "Caluzi, dê mais aulas! Ouvir você falar é ótimo."</p> <p>E10: "Principalmente no retorno aos alunos. É importante que saibam como estão suas reflexões sobre a NdC. Talvez, se houvesse menos reflexões escritas, os professores poderiam dar mais retornos. Isso tornaria o desenvolvimento das ideias mais efetivo."</p> <p>E12: "O tempo de fala dos alunos deve ser ajustado. É importante evitar o uso de palavras ou termos menos formais nas discussões."</p> <p>E15: "E serem mais claros nos apontamentos e observações."</p> <p>E16: "Apresentar um discurso mais claro, com perguntas cujas respostas já estejam pré-estabelecidas pelos professores, não tão difíceis de compreender".</p> <p>E19: "Questionar os alunos de forma mais construtiva."</p>
<b>Estrutura e Sequência Lógica</b>	<p>E7: "Abordar mais conteúdos relacionados à matemática."</p> <p>E15: "Também seria interessante abordar mais eventos e fenômenos físicos durante as aulas."</p> <p>E18: "Retomar o formato original do curso e seguir uma sequência cronológica abrangente da História da Física, e não focar em um único tema."</p> <p>E16: "Evitar a redundância com conteúdo abordados em outras disciplinas."</p> <p>E20: "Abordar mais conteúdos de Física, em vez de se aprofundar totalmente em apenas um tópico."</p>

<b>Influência na Compreensão sobre a Natureza da Ciência</b>	<i>(Sem comentários registrados)</i>
<b>Influência na Formação Crítica</b>	<b>E13:</b> "Trabalhar tópicos relacionados à condição elitista da sociedade, além de temas como racismo, machismo e sexismo."
<b>Avaliação Geral</b>	<b>E11:</b> "A única sugestão seria, no início, consultar a turma sobre a aceitação do método de avaliação contínua."
<b>Outros</b>	<b>E14:</b> "Tornar as atividades propostas mais claras, evidenciando seus objetivos e a metodologia requerida. Dar mais atenção aos alunos do bacharelado, mesmo que o curso seja voltado para a licenciatura. Além disso, dar dicas e feedback sobre a postura de apresentação oral."

**Questão 15.** Caso você considere que alguns aspectos relevantes sobre o curso não foram abordados neste questionário, por favor, aproveite este espaço para fornecer comentários livres sobre o curso de História das Ciências 2023-1.

<b>TEMAS AVALIADOS</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
<b>Participação Discente</b>	<b>E14:</b> Gostaria de ver uma abordagem voltada para o pessoal do bacharelado, ou seja, para futuros cientistas. Na verdade, seria ótimo ter essa disciplina como obrigatória no bacharelado, porém de forma adequada para esse público.
	<b>E19:</b> Tentar cativar mais os alunos de alguma maneira, pois a disciplina é bastante cansativa. Isso poderia ser feito com a escolha de outro tema ou método.
<b>Qualidade dos Textos</b>	<b>E5:</b> Acredito que, devido ao calendário apertado, não foi possível realizar tudo. No entanto, eu, particularmente, gostaria de mais conteúdo experimental ou reportagens que estimulassem o conhecimento.
	<b>E7:</b> Seria interessante mais aplicação matemática. O assunto escolhido nas aulas foi bem interessante, e seria ainda mais enriquecido se houvesse mais discussões sobre a parte matemática, além de exercícios com cálculos.
	<b>E21:</b> Tentar abordar um tema que não seja tão avançado para a compreensão. Isso facilitaria para os alunos realizarem as atividades de maneira mais proveitosa.
<b>Prazos das Atividades</b>	<b>E5:</b> Acredito que, devido ao calendário apertado, não foi possível realizar tudo. [...].
	<b>E9:</b> [...] No geral, o principal aspecto a ser revisado é a quantidade de atividades.
	<b>E22:</b> De maneira geral, não consegui entregar todas as reflexões. Não me sinto bem nesta turma, pois são pessoas complicadas e não assumem os próprios erros. É necessária uma mudança em relação aos prazos e metas.
<b>Condução das Discussões e Reflexões pelos professores</b>	<i>(Sem comentários registrados)</i>
<b>Estrutura e Sequência Lógica</b>	<b>E19:</b> Tentar cativar mais os alunos de alguma maneira, pois a disciplina é bastante cansativa. Isso poderia ser feito com a escolha de outro tema ou método.
<b>Influência na Compreensão sobre a Natureza da Ciência</b>	<i>(Sem comentários registrados)</i>
<b>Influência na Formação Crítica</b>	<i>(Sem comentários registrados)</i>
<b>Avaliação Geral</b>	<b>E8:</b> Eu gosto dessa abordagem. Para mim, se retirassem física-matemática do currículo e dessem 10 horas para HC, seria muito melhor, já que, para a licenciatura, física-matemática não tem utilidade, e HC é suficientemente denso para ter 120 horas na licenciatura. Para o bacharelado, isso é mais complicado.
	<b>E9:</b> Na minha opinião, a ideia do curso foi muito interessante. Porém, é necessário atualizar o plano de ensino, pois os discentes podem acabar criando

	certas expectativas ao ler o plano de aula antigo, o que acaba sendo um ponto negativo.
	<b>E10:</b> Acredito que o curso de HC foi muito importante para a minha formação como cientista. Nunca esquecerei algumas das reflexões que fiz durante a disciplina, e elas serão importantes no desenvolvimento do meu trabalho.
	<b>E11:</b> Estou bastante satisfeita com a disciplina. Se dependesse de mim, teria HC II na grade. Vocês são professores fantásticos.