



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Instituto de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

THALLES FALEIRO DELFIM

COMPREENSÃO DO ALUNO DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL
SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO

RIO DE JANEIRO
Março de 2023

Thalles Faleiro Delfim

COMPREENSÃO DO ALUNO DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL
SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos

Profa. Dra. Viviane Morcelle de Almeida

RIO DE JANEIRO
Março de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

D349c Delfim, Thalles Faleiro
COMPREENSÃO DO ALUNO DO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ESTUDO DE
CASO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO / Thalles
Faleiro Delfim. -- Rio de Janeiro, 2023.
209 f.

Orientador: Antônio Carlos Fontes dos Santos.
Coorientador: Viviane Morcelle de Almeida.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, 2023.

1. Ensino de Física. 2. Física das radiações. 3.
Ensino Fundamental. 4. Bourdieu. 5. Três Momentos
Pedagógicos. I. Santos, Antônio Carlos Fontes dos ,
orient. II. Almeida, Viviane Morcelle de ,
coorient. III. Título.

COMPREENSÃO DO ALUNO DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL
SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO

Thalles Faleiro Delfim

Orientadores:

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos
Prof^a Dra. Viviane Morcelle de Almeida

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em:

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos (presidente)
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
(membro interno)

Prof^a Dra. Lucia Helena Coutinho
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
(membro interno)

Prof. Dr. Vitor Luiz Bastos de Jesus
Instituto Federal do Rio de Janeiro – *Campus* Nilópolis
(membro externo)

RIO DE JANEIRO
Março de 2023

AGRADECIMENTOS

Eu muito titubeei para redigir esta página de agradecimentos, embora estivesse ciente de sua obrigatoriedade. No entanto, e para não parecer blasé ao colocar frases protocolares, exprimirei em texto os pensamentos, substantivos e os antropônimos que contribuíram *"tijolo com tijolo num desenho lógico"* e embotaram seus olhos de cimento e lágrima na realização dessa dissertação.

É do alto da minha alegria que as palavras que redijo sejam o pau, a pedra e o início do caminho para tornar público o meu reconhecimento e rendição de graças a todos que concorreram para a possibilidade, o florescer e o bom êxito deste trabalho.

Agradeço a Nefertite Marie, minha amada, pois *"vieste a hora e a tempo"*. Grato pela compreensão e apoio de sempre para comigo. Pelo conforto e ânimo, especialmente, em horas de extenuante desempenho na elaboração da dissertação, da qual *"já lhe dei meu corpo e minha alegria"*.

Aproveito a ocasião para expressar meus mais sinceros agradecimentos aos meus orientadores. Ao prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos por sua inestimável colaboração e a prof.^a Dr.^a. Viviane Morcelle de Almeida por seu precioso auxílio. Os quais não pouparam esforços em proporcionar condições favoráveis à tarefa da elaboração desse trabalho, ainda que eu tivesse sofrido a angústia das pequenas coisas ridículas.

Seria uma injustiça de minha parte não registrar meu reconhecimento ao prof. M.Sc. Tupiracy Celso Gomes Damasceno que, literalmente, abriu as portas de sua biblioteca possibilitando o mergulho profundo em um mar de conhecimento e compartilhou de sua sabedoria de mundo em muitos passos da elaboração desse trabalho.

Estendo a gratidão aos ilustres professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física, com os quais tive contato seja em sala ou nas palestras, deles pude angariar experiências valorosas.

Aos colegas do mestrado, sobretudo da turma de 2019, aquele caloroso e fraternal abraço.

Que direi, pois, aos meus familiares? Digo, o que poderei expressar como forma de agradecimento a quem muito penou, sofreu e sacrificou o pouco para que eu

chegasse aqui? Ao Sr. Otávio e a Sra. Creusa, meu eterno agradecimento e a fina flor do amor e carinho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 – a quem se destina o meu singelo “muito obrigado”.

RESUMO

COMPREENSÃO DO ALUNO DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Thalles Faleiro Delfim

Orientadores:

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos

Prof^a. Dra. Viviane Morcelle de Almeida

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O presente trabalho é fragmentado em duas partes: a primeira busca verificar se existe diferença de desempenho diante do conteúdo de radiações, radioatividade e suas diversas aplicações que é apresentado no 9º ano do ensino fundamental da rede municipal de ensino do Rio de Janeiro. A segunda apresenta um produto educacional que reuni sequências didáticas pensadas para o professor e elaboradas para o ensino de conceitos básicos sobre Física das radiações vistos nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental.

No cumprimento da primeira parte, nos valemos de um questionário on-line que encabeçou o tema de Física das radiações, fontes de radiação, aplicação no cotidiano e perguntas de cunho socioeconômico; a pesquisa aconteceu no fim de 2019, antes do período pandêmico. A partir da coleta dos resultados do questionário contemplamos a análise dos dados através do teste t de *Student*, com o objetivo de identificar se a média dos resultados para os recortes de gênero, raça e classe apresentavam diferenças estatísticas significativas. Aliado a isso abordamos a análise dos dados por meio da perspectiva teórica de Bourdieu e o uso da ferramenta da interseccionalidade no assessoramento da reflexão sobre os fatores sociais que influenciam no "bom"

desempenho e, por conseguinte, no êxito escolar, uma vez que a escola não é neutra em relação à configuração social, hierarquização e desigualdade.

No cumprimento da segunda parte, o produto educacional foi elaborado e tem sua concepção fundamentada na dinâmica dos *Três Momentos Pedagógicos* de Delizoicov, Angoti e Pernambuco. Este produto foi constituído de duas sequências de intervenções didáticas em três frentes (problematização inicial, organização e aplicação do conhecimento) cujos temas versam sobre de conceitos balizares em Física das Radiações que tiveram a finalidade tanto de diminuir os obstáculos conceituais frente ao contato com o conteúdo abordado quanto de aproximar essa área da Física dos estudantes dos anos finais do Ensino Fundamenta, em especial os do 9º ano.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física das radiações. Ensino Fundamental. Bourdieu. Três Momentos Pedagógicos.

RIO DE JANEIRO
Março de 2023

ABSTRACT

UNDERSTANDING OF 9TH GRADE ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS ON THE PHYSICS OF RADIATION: A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF RIO DE JANEIRO

Thalles Faleiro Delfim

Supervisors:

Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos

Prof^a. Dra. Viviane Morcelle de Almeida

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física

The present work is divided into two parts: the first seeks to verify whether there is a difference in performance regarding the content of radiation, radioactivity and its various applications that is presented in the 9th year of elementary education in the municipal education network of Rio de Janeiro. The second presents an educational product that brings together didactic sequences designed for the teacher and designed for teaching basic concepts about Radiation Physics seen in Elementary School Science classes.

In fulfilling the first part, we took advantage of an online questionnaire that headed the theme of Physics of radiation, sources of radiation, application in everyday life and questions of a socioeconomic nature; the survey took place at the end of 2019, before the pandemic period. From the collection of the results of the questionnaire, we contemplated the analysis of the data through the Student's t test, with the objective of identifying if the average of the results for the clippings of gender, race and class presented statistically significant differences. Allied to this, we approached the analysis of the data through Bourdieu's theoretical perspective and the use of the intersectionality tool in advising the reflection on the social factors that influence "good" performance, and therefore, in school success, since the school is not neutral in relation to social configuration, hierarchization and inequality.

In the fulfillment of the second part, the educational product was elaborated and its conception is based on the dynamics of the Three Pedagogical Moments of Delizoicov, Angoti and Pernambuco. This product consisted of two sequences of didactic interventions on three fronts (initial problematization, organization and application of knowledge) whose themes deal with concepts in Radiation Physics that

aimed both at reducing conceptual obstacles in the face of contact with the content addressed in terms of bringing this area of Physics closer to students in the final years of Basic Education, especially those in the 9th grade.

Keywords: Physics Teaching. Physics of radiation. Elementary School. Bourdieu. Three Pedagogical Moments.

RIO DE JANEIRO
March 2023

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conjunto de componentes gerais da Educação Básica	7
Figura 2: Competências específicas de Ciências da Natureza (Ensino Fundamental)	9
Figura 3: Quantitativo de matrículas no Ensino Fundamental (2015 e 2019)	17
Figura 4: Quantidade de páginas das disciplinas de Química e Física em 13 livros analisados	25
Figura 5: Distribuição dos conteúdos nos livros didáticos	25
Figura 6: Categorias de relação entre as áreas do conhecimento científico	26
Figura 7: Visualização das unidades temáticas	26
Figura 8: Efeito tesoura	52
Figura 9: Percentual de bolsistas	52
Figura 10: Aspecto visual da primeira parte do questionário	57
Figura 11: Questionário pela Escala Likert a partir das aplicações das radiações	58
Figura 12: Trecho do Questionário aluno-participante	59
Figura 13: Exemplo da função <i>Se</i> (barra de fórmulas) usada para substituir	62
Figura 14: Planilha cuja barra de fórmula descreve a função que transforma as Respostas da segunda questão	63
Figura 15: Gráfico de uma curva gaussiana	64
Figura 16: Gráfico IDH e IDS por zona regional	70
Figura 17: Orientações sobre a pesquisa	73
Figura 18: Porcentagem de alunos-participantes da escola pública	75
Figura 19: Resultado da questão aberta	78
Figura 20: Resultado da seleção dos tipos conhecidos de radiação	81
Figura 21: Resultado das fontes conhecidas de radiação	82
Figura 22: Histograma do resultado da Parte 3 do questionário	85
Figura 23: Distribuição normal dos resultados dos estudantes participantes	86
Figura 24: Gráfico da curva normal para o comparativo $G_1 - G_2$ do desempenho das escolas públicas e privadas	88
Figura 25: Gráfico da curva normal para o comparativo $G_3 - G_4$ do desempenho dos estudantes autoidentificados como masculino e feminino	89
Figura 26: Gráfico da curva normal para o comparativo $G_5 - G_6$ do desempenho dos estudantes branco e negros	92
Figura 27: Questionário sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre radiação	94
Figura 28: Contador Geiger	99

Figura 29: Recipientes para as atividades investigativas	100
Figura 30: Distinção entre irradiação e contaminação	102
Figura 31: Slides do segundo momento pedagógico	104
Figura 32: Slides montados para o segundo momento pedagógico	105
Figura 33: Exemplos das radiações e aplicações no cotidiano	106
Figura 34: Slides do terceiro momento pedagógico	107
Figura 35: Gráfico pré e pós-test com as idades dos participantes	110
Figura 36: Respostas aos questionamentos de identificação (gênero)	111
Figura 37: Três recortes de respostas de participantes	112
Figura 38: Reunião dos resultados	114
Figura 39: Resultados forma presencial (1, 3 e 4) e do questionário (2)	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Temática, objetos de conhecimentos e habilidades de Ciências (9º ano)	20
Tabela 2: Qualidades investigadas nos livros didáticos no catálogo do PNL D 2008	27
Tabela 3: Dados sobre o Ensino Fundamental	38
Tabela 4: Resultado do domínio da alfabetização científica dos estudantes	49
Tabela 5: Porcentagem do domínio em alfabetização científica	50
Tabela 6: Elementos e significados para a equivalência da troca	61
Tabela 7: Dados do IDS, IDH e o total de equipamentos culturais	73
Tabela 8: Quantitativo de alunos-participantes por escola	76
Tabela 9: Respostas sobre o significado da imagem do trifólio radioativo	80
Tabela 10: Conhecimento geral sobre os aspectos da radiação e radioatividade	82
Tabela 11: Dados do círculo menor: resultado do teste nas escolas	86
Tabela 12: Dados do círculo maior: categoria classe	87
Tabela 13: Dados do círculo maior: categoria gênero	88
Tabela 14: Dados do círculo maior: categoria identificação racial	91
Tabela 15: Resultado do pré e pós-teste	113
Tabela 16: Valores das médias e desvios-padrão (pré e pós-teste)	115
Tabela 17: Elementos do teste estatístico pré e pós-teste	116

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
PNE	Programa Nacional de Educação
FMC	Física Moderna e Contemporânea
RI	Radiações Ionizantes
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IDS	Índice de Desenvolvimento Social
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
GCSE	Certificado Geral de Educação Secundário
STEM	Ciência Tecnologia Engenharia Matemática

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 PARÂMETROS LEGAIS DAS CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL	5
2.2 EMBASAMENTO CURRICULAR: UNIDADES TEMÁTICAS E SEUS OBJETOS DE CONHECIMENTO NA BNCC ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	6
2.3 A IMPORTÂNCIA DA CIÊNCIA NO ENSINO FUNDAMENTAL	12
2.3.1 Outros alicerces	13
2.4 A IMPORTÂNCIA DE TEMAS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO FUNDAMENTAL	19
2.5 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: UMA OUTRA FORMA DE APRENDER	20
2.6 RADIOATIVIDADE O ENSINO FUNDAMENTAL: GRANDE TEMA, POUCAS PRODUÇÕES	22
2.7 RADIOATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO FUNDAMENTAL	23
2.8 SOCIOLOGIA DE PIERRE BOURDIEU: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA EDUCAÇÃO COMO REPRODUTORA E MANTENEDORA DA ESTRUTURA DE CLASSE	29
2.8.1 Capital	29
2.8.2 Campo	33
2.8.3 Habitus	34
2.8.4 Educação como impulsionadora da mobilidade social	35
2.11 DA RAÇA	37
2.11.1 O que é raça? Um pequeno caminho histórico	39
2.11.2 A “pequena” trajetória do negro na escola brasileira	42
2.12 DO GÊNERO	45
2.13 DA INTERSECCIONALIDADE	53
3 METODOLOGIA	57
3.1 DESENVOLVIMENTO DOS MATERIAIS – QUESTIONÁRIOS	57
3.1.1 Escala Likert	60
3.1.2 O câmbio usado nas respostas do questionário: condição facilitadora da análise	60
3.2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	63
3.3 DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO COM	

BASE EM TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 AS ESCOLAS E SUAS LOCALIDADES	71
4.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES	74
4.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO	76
4.3.1 Recortes e comparações	84
4.4 SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM: PROPOSTA DIDÁTICA DE TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	93
4.5 DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO DECORRENTE DA APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
6 REFERÊNCIAS	120
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO	135
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES APLICADO AOS ESTUDANTES NA ESCOLA PÚBLICA E PRIVADA	138
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES UTILIZADO NOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	142
APÊNDICE D – MATERIAL DIDÁTICO INSTRUCIONAL	145

1 INTRODUÇÃO

Em Física, o termo *radiação* descreve a forma de propagação de energia, seja por meio de ondas ou partículas que atravessam a matéria ou o espaço vazio. Doravante, a palavra *radiação*, para uso deste estudo, fará referência às radiações de caráter eletromagnético bem como a corpuscular.

Dentre as várias motivações importantes a serem consideradas para o estudo (ainda que básico) das radiações, está a onipresença cotidiana manifestada em diversas formas. A luz do Sol, por exemplo, cuja radiação visível se reflete nos objetos, estimula a nossa capacidade visual; a luz ultravioleta solar, quando em excesso, causa danos à pele, mas de maneira moderada estimula a produção de Vitamina D no organismo do ser humano. Na natureza, a fauna se utiliza da radiação em formas comunicativas e até predatórias. Como exemplo do primeiro caso, os vagalumes emitem luz como produto de processos bioquímicos (bioluminescência) com a finalidade reprodutiva (ACORINTHE, 2012); já os do segundo caso, grande parte dos ofídios fazem uso de sensores biológicos sensíveis a radiação infravermelha, o que garante a capacidade de localizar as presas (NETO, 2010).

A versátil aplicabilidade na área da Medicina – como a Medicina Nuclear –, possibilita, desde o início e ao longo do século XX, o diagnóstico e o tratamento de doenças (TERINI, 2018). Hodiernamente, temos as tecnologias desenvolvidas para os diagnósticos, como o raio-X, tomógrafo, a ressonância magnética nuclear e o *PET-Scan*, radiofármacos, cintilografia, gamagrafia, radioproteção etc. Também há as aplicações industriais (CARVALHO, R., 2019), para exame com radiotraçadores na verificação de fraturas em estruturas, condições de fundição, ensaios não destrutivos; na indústria alimentícia (MOTTER, 2018), na desinfecção, esterilização e antimaturação de alimentos, e geração de energia a partir de termoelétricas (ELETRONUCLEAR, 2020).

Em meio a esse profícuo cenário, o ensino de Física (e o âmago desta dissertação) não se restringe precisamente à discussão de fundamentos e conceituações; todavia os olhares se atentam à forma pela qual se relaciona o Ensino de Física (das radiações, neste caso) e o contexto escolar no resultado das diferenças produzidas. Neste trabalho, abordaremos o tema Física das radiações a partir dos objetos conhecidos e oriundos da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) dos Anos Finais do Ensino Fundamental, como subterfúgio para tratar de questões ligadas aos marcadores sociais

(classe; gênero; raça) relacionados ao desempenho dos alunos do 9º ano em face deste conteúdo.

O propósito desta pesquisa foi investigar se havia diferenças entre os resultados de alunos pertencentes aos Anos Finais do Ensino Fundamental, especificamente o 9º ano, no que se refere ao conteúdo introdutório de Física das radiações presente na implementação da BNCC para esse segmento. Nossa verificação se deu em conformidade à clivagem de classe, gênero e raça realizada na amostragem de alunos-participantes; a análise deste estudo buscou explicações para a razão das diferenças encontradas. Para esta pesquisa utilizamos um questionário como ferramenta investigativa; os locais de pesquisa foram três escolas da rede privada e uma escola da rede pública próprias do município do Rio de Janeiro; 110 estudantes participaram da investigação, sendo 19 estudantes das escolas privadas e 91 das escolas públicas. De modo semelhante, verificamos se as sequências didáticas de ensino-aprendizagem, isto é, o produto educacional resultante deste estudo, suscitaram contribuições para o aprendizado e mudança conceitual dos estudantes.

Esta pesquisa é organizada em cinco capítulos. No capítulo inicial apresentamos a motivação, objetivos e justificativa para a escolha do tema. No Capítulo 2, tornamos evidente o alicerce teórico a partir dos referenciais legais para a implantação da BNCC, no que compete o eixo temático de Ciências nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Lança-se luz sobre a importância do estudo de Ciências no Ensino Fundamental e sobre a investigação de temas concernentes à Física Moderna e Contemporânea (FMC), cuja radiação e radioatividade estão inseridas no contexto de publicações e livros didáticos dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Ao final, o segundo capítulo do espraçamento de pressupostos teóricos de acordo com Bourdieu, que aponta a escola como instituição de uma superestrutura garantidora da reprodução da estratificação social, além dos marcadores sociais de diferença (gênero e raça) e do conceito de interseccionalidade.

O Capítulo 3 tratará da elaboração dos materiais desenvolvidos para a perscrutação, análise e produção realizados durante o florescimento deste trabalho. A metodologia tem dois caracteres distintos, porém complementares. O primeiro dedicou-se à construção dos instrumentos de investigação e apuração: questionário e o método estatístico; o segundo volta-se para a elaboração das intervenções didáticas com base nos *Três Momentos pedagógicos* (GIACOMINI; MÜENCHEN, 2015) sob a

organização de conteúdos primordiais em ondulatória e Física das radiações como fundamento na edificação do produto educacional proposto por esta dissertação.

No Capítulo 4, apresentamos os resultados adquiridos com a aplicação do questionário a respeito do conhecimento de Física das radiações para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental no âmbito da escola pública e privada e a discussão, subsequente, dos resultados. Descrevemos a aplicação da proposta de sequência de intervenção didática, elaborada por esta dissertação, ocorrida para uma turma de 21 estudantes da mesma escola da rede pública do município do Rio de Janeiro onde antes houve a investigação dos conhecimentos sobre Física das radiações.

Por fim, o Capítulo 5 expõe as considerações finais e outras elucubrações oriundas de reflexões sobre o desenvolvimento desta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo reunimos as leituras que fundamentaram os argumentos deste trabalho, discussões e análises. Neste tópico, apresentamos, respectivamente, os referenciais legais que norteiam a inserção da Ciência no Ensino Básico, além do embasamento curricular. A importância da Ciência para o Ensino Fundamental e do trabalho de temas oriundos do campo da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no cerco desta faixa do Ensino Básico.

Por fim, abordaremos os referenciais, como a Teoria Social de Bourdieu, que nortearam a análise dos resultados da pesquisa de campo. Como manifestado na seção introdutória, o intuito desta pesquisa se direciona a marcadores sociais de diferença; isto é, recortes sociais, como gênero e raça, que compõem a sala de aula dos Anos Finais do Ensino Fundamental e, por conseguinte, o seu público.

2.1 PARÂMETROS LEGAIS DAS CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação brasileira – Lei 9.394/96 (BRASIL, 1996) – regulamentou o sistema educacional, da Educação Básica (Ensino Infantil, Fundamental e Médio) ao Superior em todo território nacional; prevê o direito de acesso à educação gratuita e de qualidade à população e a valorização do profissional da educação, além de estabelecer as obrigações dos entes federativos, como a União, Estados e Municípios. Sobre o ensino da Ciência no Ensino Fundamental, a LDB nos informa:

Terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante: a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade (BRASIL, 1996, art. 32 incisos II).

2.2 EMBASAMENTO CURRICULAR: UNIDADES TEMÁTICAS E SEUS OBJETOS DE CONHECIMENTO NA BNCC ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

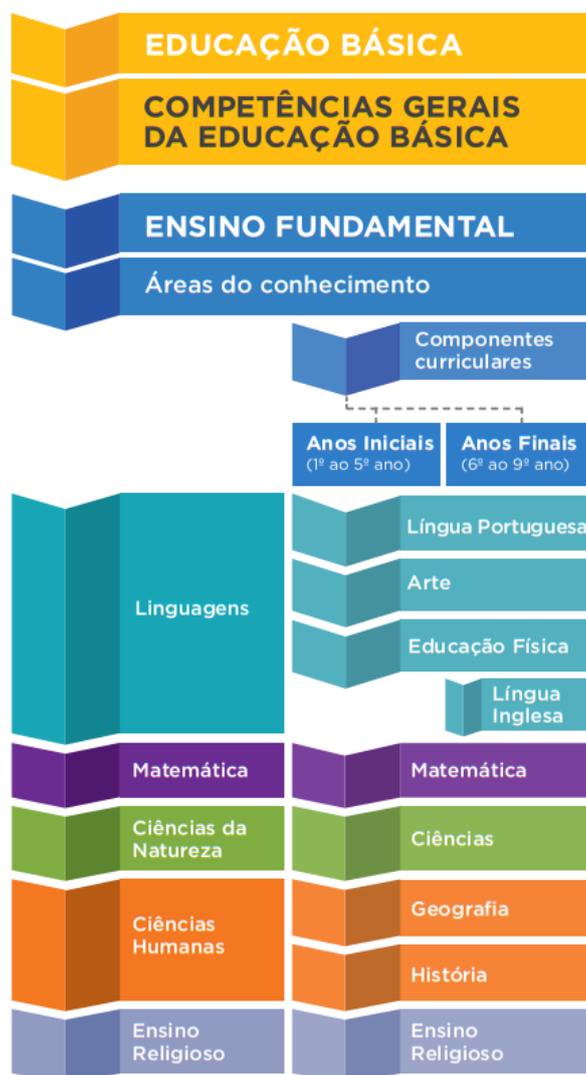
A Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2017) trata-se de uma normativa com força de Lei, sendo estabelecidas orientações gerais na fomentação dos

currículos de toda a Educação Básica; o intuito é estabelecer uma unidade na educação de base e na formatação dos currículos mínimos.

A construção da Educação Básica passa pelo desenvolvimento de competências genéricas e comuns a todas as etapas; o objetivo último é edificar a aprendizagem. No âmbito dessa base, competências gerais são a reunião de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores apontados para a resolução de demandas ordinárias na vida em sociedade; em seu valor mais íntimo, o conceito de competência, sobretudo na BNCC, alia as ideias de “saber” (conhecimento sobre determinado assunto/conceito) e o “saber-fazer” (uso hábil do conhecimento). Para isso, conta com dez competências gerais no sentido teleológico a partir da Base Curricular.

O Ensino Fundamental é a fase entre as etapas da formação básica de mais longa duração (nove anos), quando a criança floresce e desabrocha na adolescência. O alunado passa por diversas transições: caráter cognitivo, físico, social etc., o que torna ainda mais complexa a configuração do currículo de ensino. A organização é composta pelo particionamento em cinco áreas do conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso (Figura 1).

Figura 5: Conjunto de componentes gerais da Educação Básica



Fonte: Brasil (2017, p. 27)

As Ciências da Natureza contam com oito competências específicas (Figura 2) contidas em uma “única” componente do currículo, mobilizada em três categorias temáticas. As categorias são reprisadas ao longo de todo Ensino Fundamental: “(1) Matéria e energia”; “(2) Terra e universo”; “(3) Vida e evolução” (BRASIL, 2017, p. 325-328). Os significados e as delimitações que contemplam foram extraídos, à letra fria do texto oficial:

- (1) O estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energia utilizados na vida em geral, na perspectiva de construir conhecimento sobre a natureza da matéria e dos diferentes usos da energia.
[...]

(2) O estudo de questões relacionadas aos seres vivos (incluindo os seres humanos), suas características e necessidades, e a vida como fenômeno natural e social, os elementos essenciais à sua manutenção e à compreensão dos processos evolutivos que geram a diversidade de formas de vida no planeta. Estudam-se características dos ecossistemas destacando-se as interações dos seres vivos com outros seres vivos e com os fatores não vivos do ambiente, com destaque para as interações que os seres humanos estabelecem entre si e com os demais seres vivos e elementos não vivos do ambiente. Aborda-se, ainda, a importância da preservação da biodiversidade e como ela se distribui nos principais ecossistemas brasileiros.

[...]

(3) Busca-se a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo. (BRASIL, 2017, p.325-328)

O segmento correspondente aos Anos Finais do Ensino Fundamental (8º e 9º ano – antigas 7ª e 8ª séries) tem por finalidade aprofundar o que foi manifestado como aprendizagem na fase anterior, os “Anos Iniciais do Fundamental”; ou seja, é evidente a articulação progressiva e sistemática do aprendizado. As unidades temáticas são conjuntos de habilidades em progressivos níveis de complexidade por ano escolar. A organização do componente curricular, em especial das unidades temáticas, tem como objetivo servir de gabarito-orientador na produção do currículo a fim de garantir (e uniformizar) a aprendizagem no Ensino Fundamental. (BRASIL, 2017)

Figura 6: Reunião das competências específicas de Ciências da Natureza (Ensino Fundamental)

- COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**
1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico.
 2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
 3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.
 4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.
 5. Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.
 6. Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.
 7. Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias.
 8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.

Fonte: Brasil (2017, p. 324)

Como exemplo, vejamos a unidade temática “Matéria e energia” da Tabela 1 a seguir, que “contempla o estudo de materiais e suas transformações, fontes e tipos de energia utilizados na vida em geral” (BRASIL, 2017, p. 16). Para o 9º ano, oportuniza-se o aprofundamento e a ampliação de temas relacionados à produção, alteração e propagação, além da aplicação de distintas radiações. A Tabela 1 da unidade temática (objetos de conhecimento e habilidades) foi elaborada e configurada de acordo com as

informações prestadas no documento da BNCC; a sigla¹ anteposta tem função indicativa da habilidade.

Tabela 1: Unidade temática, objetos de conhecimentos e habilidades de Ciências (9ºano)

UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADE
Matéria e energia	<p>Aspectos quantitativos das transformações químicas</p> <p>Estrutura da matéria</p> <p>Radiações e suas aplicações na saúde</p>	<p>(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.</p> <p>(EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.</p> <p>(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.</p> <p>(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.</p> <p>(EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.</p> <p>(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.</p> <p>(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).</p>

¹A sigla tem sua leitura da esquerda para a direita; ela comporta o significado de localização, a que nível e componente curricular a habilidade pertence, e em que posição sequencial se encontra; e.g. EF09CI04: Informa que a habilidade é do Ensino Fundamental referida no 9º ano dentro da componente curricular de Ciências e ocupa a quarta posição na sequência de habilidades.

<p style="text-align: center;">Vida e evolução</p>	<p>Hereditariedade Ideias evolucionistas</p> <p>Preservação da biodiversidade</p>	<p>(EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.</p> <p>(EF09CI09) Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.</p> <p>(EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.</p> <p>(EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.</p> <p>(EF09CI12) Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados.</p> <p>(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas</p>
<p style="text-align: center;">Terra e Universo</p>	<p>Composição, estrutura e localização do sistema solar no universo</p> <p>Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra</p> <p>Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar</p>	<p>(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).</p> <p>(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).</p> <p>(EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.</p> <p>(EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.</p>

Fonte: (BRASIL, 2017, p. 20)

A partir do escopo da BNCC, a aprendizagem tem o propósito de possibilitar a compreensão, esclarecimento e intervenção do estudante no mundo. Despertar o interesse do alunado, estimular a curiosidade, elaborar raciocínio hipotético etc., a fim de construir a continuidade do desenvolvimento no percurso educativo:

Nos anos finais do Ensino Fundamental, a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos alunos sobre o mundo natural e material continua sendo fundamental. Todavia, ao longo desse percurso, percebem-se uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos [...] Essas características possibilitam a eles, em sua formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; ter consciência dos valores éticos e políticos envolvidos nessas relações; e, cada vez mais, atuar socialmente com respeito, responsabilidade, solidariedade, cooperação e repúdio à discriminação. Nesse contexto, é importante motivá-los com desafios cada vez mais abrangentes, o que permite que os questionamentos apresentados a eles, assim como os que eles próprios formulam, sejam mais complexos e contextualizados (BRASIL, 2017, p. 343).

Traçaremos um comentário a respeito da importância da Ciência (em destaque a Física) para a conjuntura do Ensino Fundamental em contraponto ao indivíduo que “apenas” deve desenvolver uma vivência acadêmico-formativa com a finalidade de progredir na sequência educacional, ou seja, o Ensino Médio.

2.3 A IMPORTÂNCIA DA CIÊNCIA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Esta seção se inicia por outro fundamento legal: orientações acerca do papel da Ciência na Educação. Com relação ao Ensino Fundamental, a LDB apresenta os termos do disposto no §1º do art. 26, que atina: “O currículo obrigatoriamente deve abranger [...] O conhecimento do mundo físico e natural [...] o Ensino Fundamental obrigatório [...]” (BRASIL, 1996).

Como mencionado, a BNCC trata das orientações para a composição dos currículos do Ensino Básico com um todo. Tem o propósito de dirimir o quadro de desigualdades na Educação nacional, além de assegurar os direitos ao desenvolvimento e à aprendizagem. Todo o engendramento da Base se coliga à LDB e à DCN (BRASIL, 2013) em conformidade com o PNE (BRASIL, 2014). Para o Ensino Fundamental, a normativa se posiciona para que a Ciência se comprometa com a expansão e melhoramento do repertório que envolve o letramento científico; por sua vez está

imbricado com a capacidade de atuar na sociedade. Em outras palavras, apreender Ciência não é a finalidade última do letramento, e sim desenvolver a capacidade de atuar “no e sobre” o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (BRASIL, 2017, p.321).

Antes de abordarmos quaisquer pontos que balizam a importância da Ciência no Ensino Fundamental, salientaremos a proposta de currículo apresentado ao professor e, em seguida, ao aluno, no âmbito municipal.

Como orientação curricular de Ciências, a concepção idealizada segue os moldes propostos na BNCC; contudo, a apresentação é enxuta, simplista e até protocolar. No entanto, o mesmo texto explicita a construção do conhecimento científico; ora, o conhecimento implica em imergir a um "universo metodológico" como único meio possível para compreender a natureza e a gama de fenômenos por meio dos quais se manifesta. Dessa forma, portanto, as propostas curriculares envolvem a composição, reflexão e demais estágios de métodos científicos (RIO DE JANEIRO, SME, 2020), além de estimular discussões de temas do mundo natural e tecnológico, curiosidade científica e a constituição social do conhecimento propriamente dito.

Diante o exposto, a contextualização denota robustez, além do peso que a Ciência exerce sobre a formação cidadã na sua integralidade; ou seja, a importância de ensinar Ciências na Educação Básica compreende promover a formação completa do cidadão como ser pensante, atuante e corresponsável pela caminhada da sociedade.

2.3.1 Outros alicerces

De acordo com Duschl, Schweingruber e Shouse (2007), é antiquado e retrógrado imaginar que estudantes (infantes) possuam pensamentos simples direcionados para o aprendizado científico; a contrapelo, os aprendizes possuem um ampliado conhecimento sobre o mundo natural a partir de vivências pregressas à escola.

A criança é dotada de pensamentos sofisticados: elaboram tanto o concreto quanto o abstrato, embora a profundidade do conhecimento seja limitada; conceitua e preenche as lacunas do seu entendimento, no entanto sem proposições dúbias. Toda criança possui capacidade intelectual de aprender Ciências, uma vez que os conhecimentos e habilidades que levam para a sala de aula devem contribuir

efetivamente para o seu aprendizado. O alinhamento de conhecimento e experiência é fulcral para se posicionar criticamente ante os debates.

Nos baseamos nas elucubrações de Fumagali (1995); a autora se posiciona a favor do ensino de Ciências na Educação Básica: a criança tem o direito de aprender Ciências; o dever social da escola é compartilhar o conhecimento científico; e o valor social do conhecimento científico (FUMAGALI, 1995).

O primeiro pilar enfoca que a Psicologia cognitiva e as teorias sobre o campo da Educação fizeram emergir a compreensão acerca dos mecanismos de como as crianças interpretam o conhecimento e o mundo ao redor a partir da sua estrutura mental intelectual. Essa posição derruba a pontuação de subestimação de ensinar Ciência nas primeiras idades, o que marginaliza a criança como "sujeito social". Não muito distante dessa teoria, e ainda nas séries iniciais, a criança participa da sociedade; por meio da participação social, manifesta atos de diversas maneiras. Ao infante deve-se garantir, logo no Ensino Básico, a apreciação de conhecimentos científicos, em especial a partir do Ensino Fundamental a fim de incentivar a prática da cidadania por meio da intervenção, discernimento e modificação do mundo em proveito de um ambiente propício ao desabrochar do ser integralmente.

As crianças não são somente “o futuro” e sim são “hoje” sujeitos integrantes do corpo social, portanto têm o mesmo direito que os adultos de apropriar-se da cultura elaborada pelo conjunto da sociedade para utilizá-la na explicação e na transformação do mundo que as cerca (FUMAGALI, 1995, p. 15)

O segundo pilar que sustenta o nosso argumento – sobre a importância da Ciência –, é a escola. Após os idos de 1980 e as reformulações no campo da Educação, a escola de Ensino Fundamental vivenciou o fim da distribuição social do conhecimento. A função social do ensino escolar foi ressignificado para um papel de revalorização; isto é, retornou ao encargo de distribuir conteúdo cultural socialmente significativo. Por sua vez, a Ciência como parte integrante da cultura não poderia estar apartada; passa a ser acessada pela via escolar. Salientamos que o revés da (re)formulação da escolar é a institucionalização de um local que tão somente reproduz a estrutura social dominante. Na próxima seção, abordaremos esse assunto mais amiúde.

Por fim, o tripé argumentativo finaliza com o destaque para o valor social embutido no conhecimento científico. Em sua estrutura epistemológica, a Ciência possui um arcabouço de procedimentos (método científico) com a utilidade de descrever

os diversos fenômenos naturais; isso a distingue do senso comum, que por sua vez possui uma importância interativa e de interpelação da realidade.

O conhecimento científico serve à humanidade como norteadora de sólidas contribuições para a argumentação e a tomada de decisão em vários âmbitos do cotidiano. As prerrogativas e capacidades são da alçada da Ciência quando estendida à criança; é preciso reconhecer o valor da sua presença social, ou seja, o conhecimento científico contribui para a formação de um indivíduo participativo, crítico e consciente socialmente.

[...] Quando ensinamos Ciência às crianças nas primeiras idades não estamos somente formando “futuros cidadãos” [...] elas enquanto integrantes do corpo social atual [...] podem agir hoje de forma consciente e solidária em relação a temas vinculados ao bem-estar da sociedade da qual fazem parte (FUMAGALI, 1995, p. 18).

Conforme apontado por Furman (2009), o aprendizado das Ciências Naturais no Ensino Fundamental põe o aluno no centro das atividades. Pela atinada curiosidade pelas coisas do mundo, desfrutará das fortificações do pensamento científico, estimulado a aprender permanentemente, a direcionar sua curiosidade e a lapidá-la por meio de ferramentas sistemáticas que objetivam a autonomia. No entanto, um movimento contrário a essa intenção possibilita:

Pensemos, por um momento, em alunos que saem do Ensino Fundamental sem a possibilidade de (nem a confiança para) formular maneiras de procurar respostas às coisas que não conhecem, ou de dar-se conta se há evidências que sustentam o que ouvem. Ou em alunos cuja curiosidade foi se apagando pouco a pouco por não terem encontrado espaço para expressá-la. Claramente estamos diante de um cenário muito arriscado, principalmente se pensarmos em construir uma sociedade participativa, com as ferramentas necessárias para gerar ideias próprias e decidir seu rumo (FURMAN, 2009, p. 7).

Ao longo do artigo da série *Debates*, a UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) contribui para fortalecer a pauta sobre o ensino de Ciências ao abordar a importância e os benefícios de investir em uma Educação científica de qualidade nas escolas, destacadamente no alvorecer dos anos iniciais do Ensino Básico. Sobre os frutos desse investimento, pontua-se o desenvolvimento econômico dinâmico, a geração de empregos qualificados, a elevação da condição de vida, assim como da receita fiscal.

A razão de ensinar Ciência (de qualidade) no Ensino Básico se relaciona intimamente à ação contínua e promotora da cidadania e sociabilização. A Ciência

capacita os indivíduos a elaborar e a consolidar argumentos para o debate público e particular, para o posicionamento de questões que atravessam diretamente o cotidiano e uma série de outros pontos que elevam a qualidade das relações sociais, das condições ambientais e da vida. Um outro ponto agregador sobre o ensino é que as Ciências traz consigo as demais áreas do conhecimento; isto é, ela desenvolve habilidades e competências que integram aprendizagens: a habilidade de relacionar fatores na resolução de problemas; o cálculo de variáveis cotidianas; o uso de sentenças corretas na elucubração de hipóteses e afirmações, entre outras.

O argumento trazido por Carvalho (1998) enfatiza a figura da Ciência na estrutura do Ensino Fundamental pelo encontro do autor com estudantes no princípio do seu trajeto acadêmico:

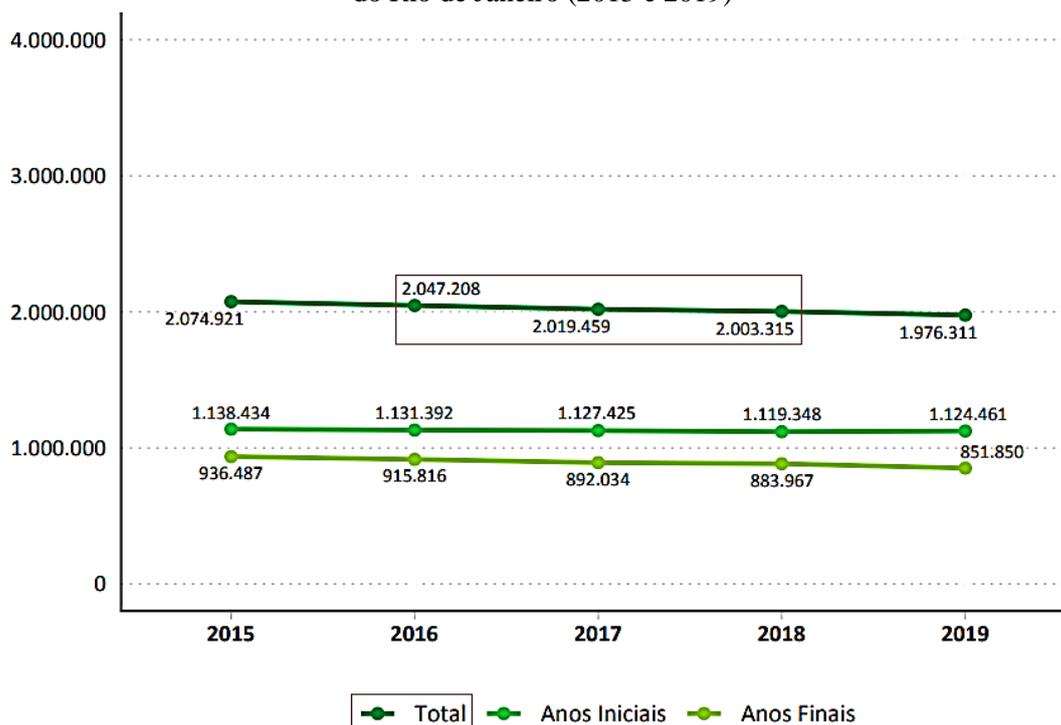
A educação científica é também muito importante nos anos iniciais porque nesse nível de ensino se concentra a maioria dos alunos brasileiros, uma vez que essa é a etapa obrigatória da educação básica e, sobretudo, porque os primeiros anos da escolarização representam, na maioria das vezes, o primeiro contato da criança com conhecimentos científicos e, quando essas situações de aprendizagem são positivas e despertam o prazer em aprender, muitos avanços são conquistados nessa e nas etapas posteriores de escolarização (VIECHENESKI, 2013, p. 219).

Essa relevância não se restringe somente aos anos iniciais; também abrange os anos finais porque o contingente matriculado é solidário. Na figura 3 a seguir, notamos que entre os anos de 2016 e 2018, o número de matrículas (nacionalmente) no Ensino Fundamental (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2018; 2019) sofreu queda no número bruto, aproximadamente 1,8%; entretanto, a taxa líquida de matrículas – de crianças e jovens entre 6 e 14 anos –, registrada no Ensino Fundamental experimentou um crescimento mais tímido de 0,7% no mesmo período. Ao trazermos essas mesmas informações para a região Sudeste, nos deparamos com patamares levemente semelhantes ao nacional; o número de matrículas na região caiu cerca de 1,1% de 2016 a 2018, porém a taxa líquida de matrícula elevou-se em 10%.

No âmbito estadual, o número de matrículas foi impactado, consecutivamente, por um quantitativo menor de estudantes (2,1%) no Ensino Fundamental, ou seja, houve uma diminuição de 2.047.208 para 2.003.315 estudantes matriculados no estado do Rio de Janeiro na fase do Fundamental, entre os anos de 2016 e 2018 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2020). Ao revés, o quantitativo líquido de estudantes subiu de 96,6% (2016) para 97,3%

(2018). Em efeito cascata, as informações oriundas do município do Rio de Janeiro (ACADEMIA QEDU, 2021)² demonstram dados referentes à diminuição do quantitativo estudantil no Ensino Fundamental, pouco mais de um terço da população (37%) do estado matriculada no Ensino Fundamental, o que representa 11.054 alunos a menos na contagem entre os anos de 2016 e 2018.

Figura 7: Gráfico relativo à quantidade de matrículas no Ensino Fundamental no estado do Rio de Janeiro (2015 e 2019)



Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2020)

A importância do ensino de Ciências localizado no Ensino Fundamental se manifesta na capacidade de contribuir para ponderações lógicas de fatos cotidianos, ou seja, resoluções de problemáticas de cunho prático. A Ciência possui a capacidade de promover o desenvolvimento do intelecto infante, além de auxiliar os manejos da linguagem, matemática e outros campos com os quais possui transversalidade. Outro aspecto a ser salientado e imerso no cotidiano geral é o da Ciência e as aplicações da tecnologia, essencial para a “apropriação” dos conhecimentos atrelados à(s) área(s) do conhecimento.

² ACADEMIA QEDU. Resultado de pesquisa: matrícula no Ensino Fundamental município do Rio de Janeiro. 2021. Disponível em: <http://cdn.novo.qedu.org.br/municipio/3304557-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 12 jul 2020.

Neste momento, abrimos um parêntese para traçar um paralelo cinematográfico com o brilhante longa-metragem, *O menino que descobriu o vento* (The boy who harnessed the wind) (DIAS, 2019); o roteiro do filme se baseia no livro autobiográfico e de mesmo título. O filme é ambientado no Malawi (África) e narra a história de William Kamkwamba, um rapaz inteligente, dotado de otimismo, garra, criatividade, curiosidade e um intenso desejo de aprender. A região em que se encontra o vilarejo do protagonista passa por um período de graves e intensas dificuldades pelas condições climáticas adversas e pelo descaso governamental. Sem prosperar nas atividades agrícolas da família, o que impacta e compromete a subsistência e a educação do jovem, William tem o objetivo de reverter esse quadro vivido pela família e demais habitantes do seu vilarejo. A partir daí o protagonista alia o conhecimento intermediado pelo professor e as informações obtidas a partir da leitura de alguns livros sobre ciência para construir um moinho de vento adaptado com artefatos retirados do lixo (peças de uma bicicleta e um dínamo), o que viabiliza o funcionamento de uma bomba d'água sucateada. O personagem central da trama não apenas viabiliza a irrigação das plantações durante a seca, como também renova os ânimos do vilarejo e redefine o contexto social. Em vários momentos, o filme esclarece o espectador sobre a importância do papel da educação e do conhecimento científico como catalisadores de transformações, decisões e posicionamentos sumariamente fulcrais na sociedade.

Em conformidade com Carvalho *et al* (2013), depreendemos que o estudo sobre as metodologias de ensino introduz e fomenta – por meio da abordagem pedagógica –, uma cultura investigativa próxima ao “fazer científico” à medida que os alunos criam, desenvolvem e sugerem soluções para dificuldades situacionais ou para os problemas apresentados. Sob esse espectro, o professor encontra-se na qualidade de condutor e mediador dos estudantes na aquisição e progresso da construção de um novo conhecimento pela ampliação da cultura científica; põe em relevo uma proposta de ensino baseada no aluno como agente ativo (protagonista) do processo de ensino-aprendizagem, a partir de problemas solucionáveis e dos quais contribuem para o desenvolvimento de habilidades, como questionar, organizar, coletar evidências, formular explicações baseadas nas evidências e exprimir as conclusões.

2.4 A IMPORTÂNCIA DE TEMAS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Desenvolveremos a defesa deste tópico com a apresentação de uma literatura que norteie a argumentação sobre “o que os temas da área da Física angariam para a formatação educacional [e cidadã] do estudante do Ensino Fundamental quanto à importância para a FMC”.

Schroeder (2007) sugere um conteúdo curricular de Física para o Ensino Fundamental com direção e sentido para o primeiro segmento. A partir de um esqueleto curricular estruturado e baseado no Construtivismo, o autor não apenas sugestiona mas justifica a inserção da Física (este é o ponto culminante) nesse segmento do ensino com a intenção de promover o desenvolvimento de habilidades nos pequenos estudantes, contudo sem visar o preparo, a homogeneização ou a pasteurização dos aprendizes para etapas subsequentes da Educação Básica (Anos Finais e Ensino Médio); a intenção se direciona para o “aprender”, despertar a curiosidade, o espírito crítico e a autoestima (SCHROEDER, 2007).

Em seu trabalho, Guerra e Cruz (2009) propõem que a inserção de tópicos de Física (Moderna e Contemporânea) no Ensino Fundamental contribuirá para o alinhamento do currículo no que diz respeito à atualização e contextualização dos conteúdos. Em decorrência de observações de sua prática, os autores (GUERRA; CRUZ, 2009) adicionam que a apresentação da Ciência como "acabada" influencia para a desmotivação dos alunos quanto a estudá-la na sala de aula. A princípio, os dois parâmetros são considerados uma obstrução para a aprendizagem da Ciência; a opção por trabalhar os conceitos introdutórios de Física Moderna e Contemporânea contextualizados historicamente no Ensino Fundamental envolve a construção do conhecimento. Em última análise, promover a discussão de conhecimentos científicos auxilia os alunos a perceberem a Ciência como uma construção humana e em plena evolução.

Sobre a razão da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Básico, Guerra e Cruz (2009) discutem dimensões importantes para a formação do cidadão contemporâneo, sendo a área da Física e seus temas os potencializadores dessa formação: o entendimento por detrás dos fenômenos da natureza passa por explicações que envolvem conceitos científicos. A Ciência capacita a produção e uso do discurso

racional para explicar as manifestações naturais, além de estimular e enriquecer a imaginação; por sua vez, também influencia noutras áreas do conhecimento. O processo histórico dos últimos séculos e a atual época em que vivemos será incompreensível sem a presença da Ciência, com papel marcante para a Física.

O Ensino de Física na Educação Básica, de acordo com Moreira (2011), tem o velho e famigerado estribilho de ser um amontoado de fórmulas cujas situações de aplicação se assemelham a uma estante; cada fórmula é aplicada a um nicho sem urdir os conteúdos, de modo estanque, com temáticas apresentadas ao sabor das passagens do livro didático, e pouca ou nenhuma conexão entre os conteúdos. Noutro trabalho (MOREIRA, 2019), o autor relata o declínio do ensino de Física e ainda exhibe a conjuntura: a **redução da carga horária** (de seis para duas horas-aula por semana, em média); o **treinamento para as avaliações seculares** em detrimento ao ensino de Física (principalmente na rede privada); o **conteúdo curricular** se baseia na Física Clássica e ainda é abordado tradicionalmente. A impressão resultante é que a Física é uma disciplina conteudista, pouco motivante, entediante e após o Ensino Médio os alunos afirmam “que não sabem nada”. Contrário a este cenário, o autor (MOREIRA, 2011) propõe que a Física ministrada no Ensino Médio seja encantadora e estimulante; que a abordagem estabelecida se dê por meio de conteúdo conceitual e os tópicos se baseiem na FMC em vez da Física Clássica: “[...] é certo que alguns conceitos clássicos seriam necessários, mas não toda a Física Clássica.” (MOREIRA, 2011, p. 7).

Em princípio, depreendemos que a sugestão definida para o Ensino Médio e para o Ensino Fundamental garantisse minimamente a "eutrofia" de conceitos encadeados e termos conectados à lógica de uma Física contemporânea, sem depender (quase) exclusivamente de uma abordagem clássica.

2.5 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: UMA OUTRA FORMA DE APRENDER

Trata-se de uma dinâmica didática de atuação discente que consiste na composição de três funções próprias, distintas e integradas entre si: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação. A proposta didática se fundamenta na perspectiva freiriana de Educação (GIACOMINI; MÜENCHEN, 2015), isto é, rompe com o processo de ensino tradicional ao articular a transposição da educação empirista

para o espaço da educação formal pela problematização da realidade do alunado; o objetivo é atuar pela transformação da consciência sociopolítica do aluno.

Conhecemos os impactos que a “metodologia interventiva” gera na educação. Uma abordagem que privilegia momentos pedagógicos proporciona, ao discente, um protagonismo ativo no processo de ensino-aprendizagem e o conduz ao raciocínio articulado sobre o contexto da própria realidade. Nas palavras de Moreira (2014):

[...] estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, a busca de relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento. Requer também que o educando se assume como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática (MOREIRA, 2014, p. 67).

A seguir, três momentos pedagógicos aos quais nos referimos acima.

Problematização inicial: O primeiro momento é organizado a fim de que os alunos expressem seus pensamentos acerca da temática estudada conforme seus conhecimentos prévios. Nesta fase, cabe ao professor promover debates, elaborar um cenário em que os alunos se sintam confrontados e estimulados a se expressar sobre uma problematização que contemple situações reais e cotidianas conhecidas dos alunos, e que fomente o diálogo. O objetivo central da problematização está em descobrir o conhecimento trazido pelo aluno, desconstruir as elucidações empíricas alicerçadas pelo senso comum e, em seguida, formular problemas que contribuam para a compreensão do conhecimento estruturado.

Organização do conhecimento: Neste momento, sob a tutela do professor, os fundamentos científicos são considerados necessários à compreensão da temática e da problematização inicial. Esta fase propicia o uso das mais diversas estratégias metodológicas de abordagem: valoriza a interação dialógica entre os sujeitos (alunos e professor) e possibilita o desenvolvimento autônomo acerca da construção do conhecimento do alunado. A atuação do professor torna-se mais ativa; media o conhecimento, promove alternativas e favorece condições para a organização de múltiplos saberes. Este momento deve contribuir para a desconstrução dos conhecimentos calcados apenas na especulação do senso comum a fim de alcançar um patamar mais crítico que conduza à interpretação da Ciência.

Aplicação do conhecimento: Sistemáticamente, esta fase aborda os conhecimentos apropriados pelo discente de forma a responder às questões propostas no

início do processo ou ainda explica as situações que podem ser compreendidas pelo conhecimento recém-construído. Neste momento pedagógico, contempla-se as estratégias metodológicas que se afastam de modelos pontuais e finalísticos de avaliação; o que importa são os processos avaliativos que verificam (de fato) a capacidade de argumentação e posicionamento crítico do aluno; possibilitam travar diálogos; estimulam reflexões e solicitam decisões em diversas questões sociais.

2.6 RADIOATIVIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL: GRANDE TEMA, POUCAS PRODUÇÕES

Moreira e Ostermann (2000) revisaram a literatura sobre o campo da FMC quanto à linha de pesquisa do ensino dessa disciplina no Ensino Médio a partir de renomados autores que abordaram importantes publicações nacionais e internacionais em um recorte temporal iniciado no fim da década de 1970 até o ano de 2000. Os autores exploraram diversas fontes, como livros didáticos, artigos científicos, dissertações e teses, projetos e acessos à internet, etc. Esta análise resultou na reunião de 79 trabalhos; dentre eles, apenas seis versam sobre o tema radioatividade.

Pereira e Ostermann (2009) realizaram uma tarefa de mesmo naipe; ou seja, também investigaram sobre o ensino de FMC, todavia limitaram-se a consultar apenas as revistas de ensino, não se restringiram ao Ensino Médio e Superior e o recorte temporal compreendeu os anos de 2001 a 2006. A revisão de literatura (PEREIRA; OSTERMANN, 2009) promoveu o levantamento de 102 artigos acerca do tema de Física Moderna e Contemporânea. Constataram um irrisório crescimento no número de publicações sob o encabeçamento temático da Radioatividade (e correlatos): foram dez artigos no período citado e apenas direcionado para o Ensino Fundamental, especificamente para os Anos Finais (SAMAGAIA; PEDUZZI, 2004).

Silva, Campos e Almeida (2012) propõem uma investigação bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais sobre o processo de ensino-aprendizagem relacionado unicamente ao tema radioatividade a partir do Ensino de Ciências; o período fixado para a análise foi entre 1990 e 2012. As autoras partem, particularmente, pelo viés da Química; a pesquisa visitou o apanhado de artigos em Ciências, Física e Química em um período estabelecido. Foram coletados 26 artigos sobre a investigação proposta, que não implicou em delimitar o nível de ensino como parâmetro de busca.

Dentre os artigos já mencionados, apenas um trabalho se direcionou para o Ensino Fundamental, inclusive o mesmo artigo já mencionado anteriormente.

Marques *et al.* (2019) apresentam uma sistemática revisão de literatura com o intuito de identificar os temas que abrangem o ensino de FMC no Ensino Médio, além de promover a orientação para futuros trabalhos na mesma linha. A revisão levou em consideração a reunião de dados de três periódicos nacionais (publicações em língua portuguesa) lançados entre 2008 e 2018. Foram reunidos 40 artigos ao todo; dentre esses, apenas seis possuem cunho temático enfileirado na direção da Radioatividade.

Não obstante ao mosaico de artigos que azulejam a linha histórica de revisões bibliográficas, salientamos a escassez de referências na área da Radioatividade no ensino de Física Moderna e Contemporânea, sobretudo no Ensino Fundamental Anos Finais, uma vez que grande parte dos trabalhos se concentraram no Ensino Médio.

2.7 RADIOATIVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICO DO ENSINO FUNDAMENTAL

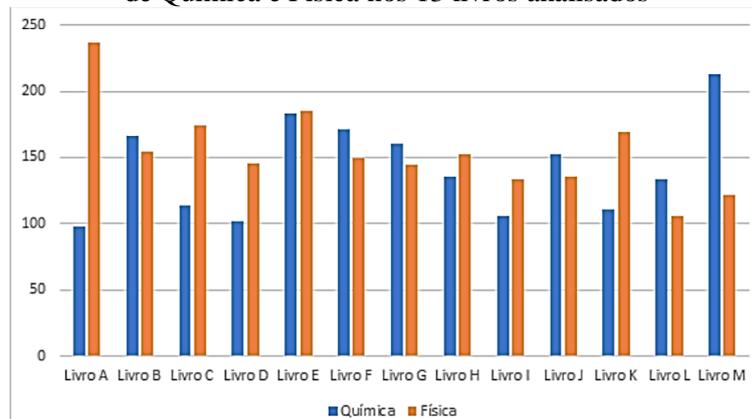
Nesta seção, apresentaremos alguns trabalhos que investigaram de que maneira está presente o tema: “Radiações nos livros didáticos de Ciências dos Anos Finais do Ensino Fundamental”. Ressaltamos que é nesse ciclo do ensino, normalmente, que os alunos são apresentados à Física (FREITAS; NETO, 2019), atualmente apartada da Biologia e da Química, embora no bojo das Ciências. A partir dessa fragmentação, o livro didático tem papel central no ensino da Física para o segmento do Fundamental. Isso porque, na maioria, torna-se o primeiro contato com o conteúdo específico da disciplina. Além da importância que o material didático possui para a socialização do conhecimento formalmente aceito, é um material instrucional (às vezes o único) pertencente à rotina acadêmica do estudante, diretriz na condução do plano prático da docência; ademais carrega consigo conceituações, atividades, reflexões e contextos variados e essenciais ao ensino (BRASIL, 2017).

Iniciaremos nossa discussão com o trabalho investigativo de Freitas e Neto (2019), "Análise dos conteúdos de Física nos livros didáticos de Ciência no 9º ano do Ensino Fundamental aprovados pelo PNLD 2017", em que 13 volumes de Ciências foram selecionados para o público-alvo do Ensino Fundamental dos Anos Finais, cuja análise de conteúdo foi categorizada em quatro instâncias: (1) Quantidade total de páginas dedicadas à Física; (2) Número de páginas dos principais conteúdos de Física;

(3) interdisciplinaridade: desenvolvimento para além da Física e Química; (4) Abordagem referente as bases sugeridas pela BNCC.

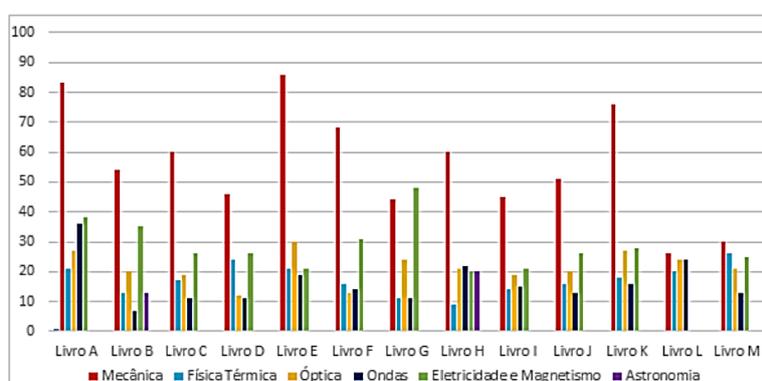
Diante desta abordagem, e dos resultados aferidos pela pesquisa, inferimos que os 13 livros didáticos – segundo a aprovação do PNL D 2017 –, em voga no triênio (2017-2019), a Física possui representação em todos os títulos analisados (Figura 4); em relação à Química possui superioridade de páginas em mais de 50% dos livros (6 dos 13). Contudo, há uma implicação: todos os livros analisados carecem do conteúdo voltado para a Física Moderna e Contemporânea (FMC), na qual se encaixa o tema “radioatividade” (Figura 5).

Figura 4: Gráfico demonstrativo das quantidades de páginas das disciplinas de Química e Física nos 13 livros analisados



Fonte: Freitas e Neto (2019)

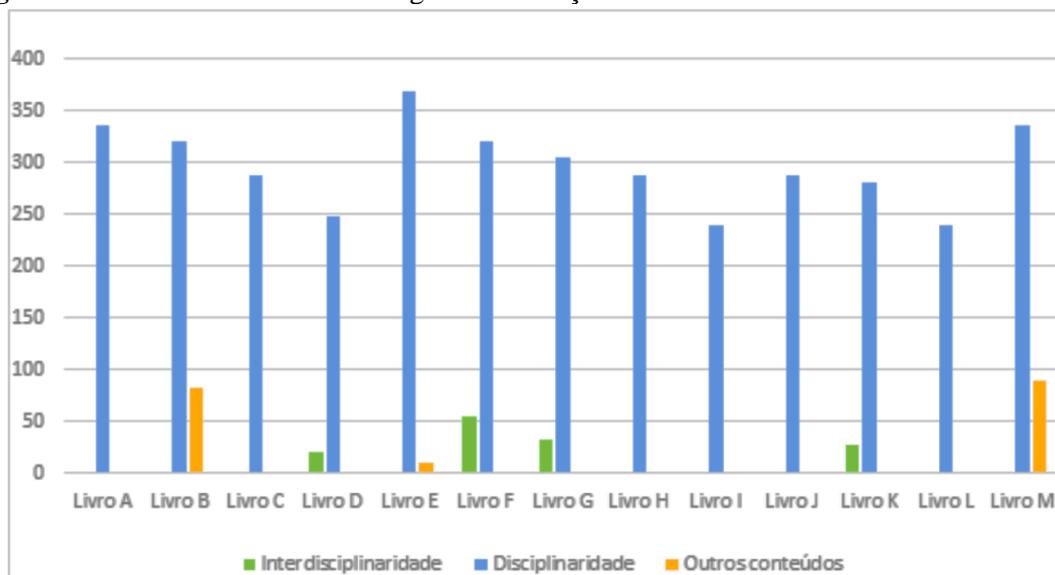
Figura 5: Distribuição dos conteúdos nos livros didáticos



Fonte: Freitas e Neto (2019)

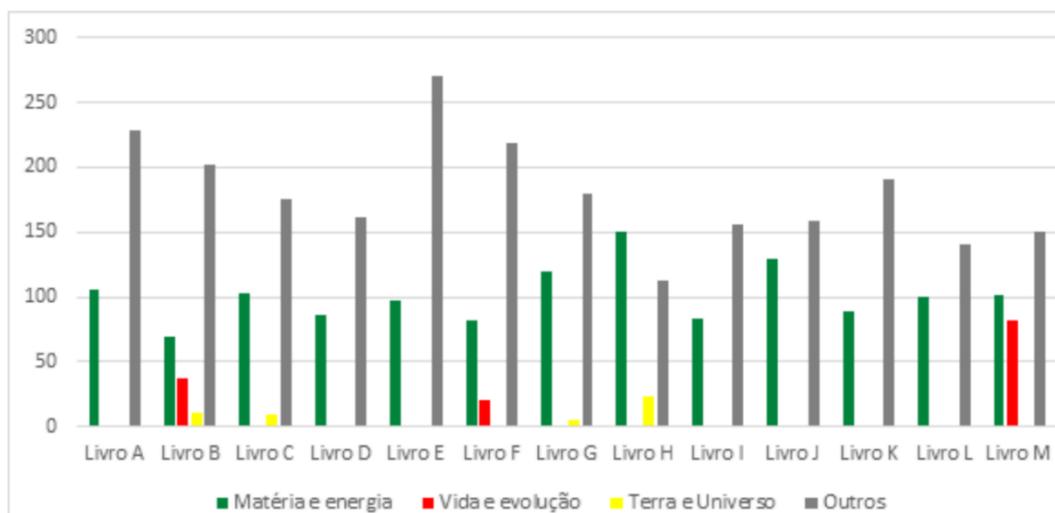
Na figura 4, observamos que 6 dos 13 títulos possuem o número maior de páginas voltadas à Física. Já na figura 5, em quase todos os livros o conteúdo de Mecânica é desproporcional aos demais conteúdos. Não há o conteúdo de FMC. Nesse sentido, vale comentar que a interdisciplinaridade não é abordada; ou seja, não há possibilidade de entrelaçamento entre a Ciência e a História da Ciência. As sugestões temáticas da BNCC estão presentes nas coleções analisadas. A divisão se baseia nas unidades temáticas: “Matéria e energia”; “Vida e evolução”; “Terra e Universo”; o termo "Outros" agrega os conteúdos presentes nos livros didáticos (Figura 7), mas fora das propostas, objetos do conhecimento e demais atributos inscritos na BNCC (BRASIL, 2017). A unidade temática "Matéria e energia" – que comporta as características da radiação eletromagnética e aplicações na saúde –, está presente em todos os livros analisados.

Figura 6: Gráfico ilustrativo das categorias de relação entre as áreas do conhecimento científico



Fonte: Freitas e Neto (2019)

Figura 7: Gráfico que contribui para a visualização das unidades temáticas



Fonte: Freitas e Neto (2019)

No trabalho de Silva e Pereira (2011), "Análise preliminar da temática radiações ionizantes em livros didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental", a investigação sobre Radiações Ionizantes (RI) em livros didáticos dos Anos Finais do Ensino Fundamental está contida na relação do PNLD 2008. Sobre a importância do trabalho pontuamos que a aprendizagem para a formação cidadã deve erigir conteúdos socialmente relevantes e

que sejam potencialmente significativos; o tema RI se enquadra neste mote. A análise de três volumes do catálogo de livros, promovidos pelo PNLD 2008, possui recorte angular acurado em relação ao tema. A partir daí organizamos fichas representativas para cada capítulo relacionado à temática RI, totalizando 23 capítulos, o que revela a presença e a significativa importância do tema, dado os números de fichas. Os capítulos não têm coesão entre si; se apresentam fragmentados, sem ligação entre os assuntos e uma abordagem específica sobre o tema RI, o que implica e sabota a aplicação de uma aprendizagem significativa. Outros dados presentes no trabalho revelam os resultados da análise; o resultado mais global ressalta que os livros devem abordar o tema de maneira mais contundente, integrado e menos superficial.

Na Tabela 2 apresentamos determinadas qualidades investigadas nos textos dos capítulos selecionados para a pesquisa. Essas qualidades revelam, em uma escala progressiva (ausente, deficiente, satisfatória e exagerada), se os textos de fato contribuem para a construção do conhecimento do aluno.

Tabela 2: Qualidades investigadas nos livros didáticos no catálogo do PNLD 2008

	Ausência	Deficiência	Satisfatória	Exagerada
Clareza e Vocabulário	28%	48%	24%	0
Coerência	0	61%	39%	0
Atualização	0	13%	87%	0
Contextualização	12%	46%	42%	0
Tecnologia e Física Nuclear	52%	39%	9%	0
Uso da Energia Nuclear	78%	18%	4%	0
História da Ciência	69%	22%	9%	0
Senso comum e mitos	87%	4%	9%	0
Postura quanto ao Meio Amb.	91%	9%	0	0
Questões Eco.	83%	4%	13%	0

Em todos os livros há a presença de algum elemento gráfico representativo das RI (desenho, fotografia, gráfico, imagem com texto etc.). Dois dos três livros analisados não apresentam uso de fontes complementares de informação, o que não demonstra preocupação em aprofundar o assunto em outros textos e mídias, além da ausência de indicação ou estímulo para o uso de tecnologias educacionais sobre RI. As atividades didáticas também não são diversificadas; a maioria são exercícios de fixação cujo objetivo é garantir a memorização conceitual, sem contribuir para o conhecimento do discente, além da relação pouco explorada entre radiações ionizantes e a história da Ciência

Antessala

Antes de iniciarmos a próxima etapa da fundamentação teórica, apresentaremos a conceituação da teoria sociológica de Pierre Bourdieu (uma vez que se dedica à Educação), alicerce na investigação das diferenças entre os alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.

2.8 SOCIOLOGIA DE PIERRE BOURDIEU: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENTENDIMENTO DA EDUCAÇÃO COMO REPRODUTORA E MANTENEDORA DA ESTRUTURA SOCIAL

“Na sociedade não se faz santos.”
(Migalhas, Camilo Castelo Branco)³

Nesta seção, mergulharemos na teoria social de Pierre Bourdieu e faremos alguns apontamentos das suas contribuições para a educação, em especial para o contexto brasileiro. Entretanto, antes é necessário compreender alguns poucos conceitos preliminares.

2.8.1 Capital

Na teoria de Bourdieu, o termo "capital" é definido, basicamente, como um estoque de elementos, artifícios e recursos de um indivíduo, grupo, fração da sociedade e afins; possui características de poder e a propriedade de ser acumulativo, investido, reinvestido ou cambiado; o capital é um bem socialmente valioso, disputável e acumulável em um mercado. O conceito econômico se separa do seu sentido original e é repaginado por Bourdieu (BARBALHO, 2012), que inclui formas imateriais e não econômicas em um conjunto de componentes manifestados na forma de "bens imobiliários ou financeiros" e em disposições mentais e corporais, em trejeitos e gesticulações, comportamentos e posturas, como certidões, diplomas, carteira de habilitação, conta em banco etc. (CATANI *et al*, 2017).

Capital social é o conjunto de recursos atuais ou potenciais [...] ligados à posse de uma rede duradoura de relações mais ou menos institucionalizados de interconhecimento mútuo [...], em outras palavras, à vinculação a um grupo, como conjunto de agentes não apenas dotados de propriedades comuns [passíveis de serem percebidos pelo observador, por outrem ou por eles próprios], mas também unidos por ligações permanentes e úteis. (BOURDIEU, 1980, p. 2 apud MARTIN, 2017, p. 113).

Há quatro tipos importantes de capitais nas relações sociais: social, econômico, cultural e simbólico. Individualmente, o capital social refere-se a um conjunto de

³ CASTELO BRANCO, C. 1825-1890. *In*: MATOS, M. **Migalhas de Camilo Castelo Branco**. São Paulo: Migalhas, 2012.

relações, contatos e veiculações; coletivamente, remete à integração social, permite desfrutar do capital proveniente do coletivo (CATANI, *et al.*, 2017; CHAUVIRÉ; FONTAINE, 2003), já que institucionaliza o reconhecimento a partir de um efeito de agregador/multiplicador.

[...] reconhecimento das diferentes manifestações do capital não deve deixar de lado nem a capacidade de transformação de cada uma delas [...] nem, sobretudo, a referência última de cada uma delas ao capital econômico. O “capital social” está necessariamente associado à noção de estratégias, já que são elas que constroem a rede de ligação como investimento (NEVES *et al.*, 2008, p. 78).

O conceito de capital econômico apresenta relação com a noção de patrimônio. Na dinâmica social, a ideia de capital econômico se imanta à posse material ou financeira, um elemento importante nas relações sociais. Essa forma de capital manifesta-se como um indicador da posição no espaço socioeconômico relacionado a outras formas de capital; associado à noção de qualificação (CATANI *et al.*, 2017), o capital econômico possui a característica de câmbio, troca, permuta: a economia das trocas simbólicas. Já o capital cultural se define como o conjunto de disposições atribuídas ao indivíduo na forma de bens simbólicos. O entendimento sobre capital cultural remete a uma reunião de certos elementos vistos como um todo multidimensional de competências e disposições. A noção de capital cultural dá liberdade e torna inteligível as desigualdades sociais quanto à matéria educativa, isto é, a desigualdade de desempenho escolar de crianças das diferentes classes sociais (NOGUEIRA, 2007).

Catani *et al.* (2017) explica sobre a desigualdade do sucesso escolar de alunos oriundos diferentes meios sociais. Até meados do século XX, como fundamento educacional imperava o inatismo das capacidades cognitivas, das inclinações naturais, isto é, o “dom para o sucesso”. Fatores do maquinário social eram compreendidos, e difundidos, como “coisas da natureza”; Bourdieu (2007), no entanto, aponta como “coisas do social”. Muitas das manifestações (ditas como naturais pelo senso comum) provinham da aquisição social, isto é, foram socialmente construídas; é uma tendência ordinária naturalizar a ação humana pelo saber espontâneo; isso retira a responsabilidade social ou o peso do resultado das diferenças de desempenho no processo educacional, como o “sucesso” ou o “fracasso” escolar, por exemplo.

[...] o fato da desigualdade diante da escola, é necessário descrever os mecanismos objetivos que determinam a eliminação contínua das crianças desfavorecidas. Parece, com efeito, que a explicação sociológica pode esclarecer completamente as diferenças de êxito que se atribuem, mais frequentemente, às diferenças de dons (BOURDIEU, 2007, p. 41).

As manifestações resultam de um trabalho, cuja essência é social; uma manifestação não é um resultado natural e sim um fato social. A imputação de atributos inatos à natureza do homem é uma forma de escamotear os processos sociais; mascaramos processos de dominação em favor da naturalização do inatismo, o que patrocina pensamentos e atitudes como atributos biológicos. Traduzimos esses atributos contidos no indivíduo desde o nascimento e retiramos (da convivência em sociedade, do pertencimento social) o ônus dessa atribuição genética; o suporte biológico, como pretexto inicial da inculcação do processo social, é uma construção simbólica complexa, varia de acordo com o lugar, o tempo e estrato social. A mentalidade por detrás desse discurso configura uma razão impeditiva determinante, ou seja, uma impossibilidade de mudança quando se justifica biologicamente.

Contrariamente a esse pensamento, o conceito de capital cultural foi erigido pelo sociólogo francês no intuito de explicar a motivação nos bastidores das oportunidades desiguais de sucesso escolar de alunos pertencentes a diversos meios sociais (CATANI *et al.*, 2017).

A análise dos levantamentos qualitativos de desempenho escolar apontou para uma intensa correlação estatística entre a origem social do aluno e os resultados na escola, levando-se em conta, inclusive, o nível de escolaridade dos pais/responsáveis. Bourdieu (2007) compreendeu a dinâmica social a partir da estrutura escolar e relacionou o mérito do "êxito escolar" à transmissão doméstica do capital cultural. A *herança cultural* (BOURDIEU, 2007) difere sob dois aspectos; segundo as classes sociais é a responsável pela diferença inicial das crianças diante da experiência escolar e, conseqüentemente, pelas taxas de êxito (BOURDIEU, 2007). A família realiza a transferência de um capital cultural manifestado na capacidade de produzir, reconhecer, consumir e apreciar os bens culturais, mas isso não corresponde às disposições inatas ou competências predispostas; são arbitrários culturais cultivados indiretamente, de forma lúcida, desprendida de obrigações, preenchidos de valores implícitos e profundamente interiorizado, contudo simultaneamente primordial e altamente contributivo no desempenho e no sucesso das execuções escolares. Mendes e Seixas (2003) indicam que

famílias pertencentes às frações mais ricas recorrem cada vez mais à escola com a intenção de manter (ou desenvolver) a posição dos seus descendentes no espaço social; a dinâmica requer a estratégia de reconversão do capital econômico em capital cultural, o que deságua (em geral) para o sucesso escolar e, por sua vez, para o sucesso social.

Na animação francesa, *A bailarina*,⁴ de 2016, as peripécias de uma menina que sonha em ser bailarina no Grand Opera, em Paris, é um bom exemplo sobre o que mencionamos acima. Contextualmente, observamos duas personagens que aspiram dançar, no entanto as origens sociais são distintas: uma cresceu numa família rica e a outra em um orfanato. A partir desse parâmetro, dois fatores se sobressaem no filme: o capital cultural e o privilégio social. A menina rica, que deseja ser dançarina clássica, recebe da mãe o incentivo; desde tenra idade aprendeu a calçar a sapatilha, arrumar em coque o cabelo e até mesmo a sua postura indica a de uma bailarina. Essa aquisição é velada e passa despercebida tornando-se natural, como uma aptidão (BOURDIEU, 2007). Na realidade, a jovem bailarina é produto de estimulações diversas, sobretudo antes do ingresso formal na escola; há uma herança cultural derivada do estrato social a que pertence. Já a órfã, por sua vez, não tinha contato com esse cenário; no orfanato não se ouvia música clássica própria do balé ou sequer os itens legitimadores da dança.

O capital cultural é dotado de três formas: corporificado nos saberes do sujeito; objetivado nos bens culturais (livros, obras de arte, música etc.); institucionalizado (titulações, diplomas e certidões). Ao tratarmos do capital cultural em seu estado corporificado ou incorporado, as disposições duradouras no organismo, o seu modo de falar, pensar, posturas corporais, habilidade linguísticas, assim como as preferências estéticas, competências do intelecto, além da forma de expressão e as atitudes, normalmente indicam a origem social ou posição. “O capital cultural é um ter que se tornou ser [...] um *habitus*.” (BOURDIEU, 2007, p. 74). Este tipo de capital é cingido com algumas características vantajosas (acumulação, apropriação, conservação e reprodução). Quanto mais cedo o indivíduo estiver exposto à cultura, maiores serão os benefícios a longo prazo. No entanto, uma família com pouco capital não pode custear mais do que uma educação básica.

⁴ A bailarina. Direção: Éric Summer e Éric Warin. Produção de Laurent Zeitoun. França: Paris Filmes. 2016. Streaming.

O capital cultural institucionalizado está envolto em determinados saberes, isto é, capital cultural incorporado a títulos, diplomas, certidões etc., creditam um valor convencional, constante e juridicamente garantido, a simbologia máxima, legal e jurídica da distinção. O indivíduo pode possuir menos capital cultural do qual seu título credita. Há pessoas que possuem um capital cultural infinitamente maior do que seu título.

Já o capital simbólico é um tipo de capital cujo pilar se escora na crença e no reconhecimento; um conjunto de propriedades distintivas pela percepção de agentes. Traduz-se na estima, no reconhecimento, no crédito, na confiança dos “membros de um grupo designado em razão da posição [...]” (MARTIN, 2017, p.110), por meio da distribuição desse capital no espaço social ou em um microcosmo social particular. O capital simbólico é fruto do reconhecimento de terceiros. A ambiguidade do capital simbólico confere um poder de dominação, violência simbólica (CHAUVIRÉ; FONTAINE, 2003, p. 14); isto é, tem raízes naquele que reconheceu a dominação como legítima. Bourdieu (2001, p. 296) exprime seu pensamento que as outras formas de capital (econômico, cultura e social) tendem a derivar do capital simbólico; na transformação das espécies de capital em simbólico está embutido o acúmulo das propriedades materiais e imateriais dos capitais que sofreram transmutação, logo é válido o uso do termo “efeitos simbólicos do capital”.

2.8.2 Campo

No pensamento sociológico do Bourdieu, a noção de campo pode ser definida como um princípio organizador, cujos indivíduos realizam e realizarão disputas por posições sociais altas e de prestígio. O campo é um espaço marcado pela dominação e conflitos, com certa autonomia e possuidor de regras próprias de organização e hierarquia social, em que a atuação do indivíduo se dá segundo o capital cultural (FERREIRA, 2013), além das demais formas de capital: econômico, social, acadêmico etc. A nosso ver, o campo, seja acadêmico, artístico, literário, jurídico, religioso etc., é uma estrutura (topologia, posições e relações sociais) à mercê das posições ocupadas por agentes sociais que buscam conquistas, cujo valor só existe no campo específico, com regras restritas e estabelecidas para aquele campo.

O espaço social global como um campo, isto é, ao mesmo tempo, como um campo de forças, cuja necessidade se impõe aos agentes que nele se encontram envolvidos, e como um campo de lutas, no interior do qual os agentes se enfrentam, com meios e fins diferenciados conforme sua posição na estrutura do campo de forças, contribuindo assim para a conservação ou a transformação de sua estrutura (BOURDIEU, 1996, p. 50).

O campo é um espaço abstrato e não físico (BOURDIEU, 2003); as posições ocupadas pelos agentes sociais no campo não são um dado geométrico ou geográfico, mas simbólico. O campo acadêmico, por exemplo, é formado por posições ocupadas por agentes; suas relações dependem das posições neste campo e a dinâmica permite um jogo em que “o novo que entra e tenta arrombar os ferrolhos do direito de entrada e o dominante que tenta defender o monopólio e excluir a concorrência.” (BOURDIEU, 2003, p.120). Portanto, quando um recém-graduando toma o elevador da instituição, juntamente com um doutorando e um professor titular, embora a distância física entre os elementos seja diminuta, a distância social é imensa pela posição, capitação e condensação de capital cultural específico; se possui (ou não) o *habitus* específico consagrado.

2.8.3 **Habitus**

O último conceito a ser explorado será o de *habitus*. Bourdieu não é o primeiro a celebrar o conceito de *habitus*, entretanto no enredo do seu pensamento sobre os mecanismos de como a sociedade engendra a distinção, reprodução e manutenções, o preenchimento conceitual de *habitus* torna-se uma das peças-chave no contorno do entendimento da prática do mundo social. Dependendo da sua posição no espaço social e das experiências dentro desse espaço, o indivíduo terá certas disposições de caráter cognitivo e até corporificado, por meio da sociabilização, ou seja, disposições sociais diante do mundo (*habitus*); para Bourdieu (2003), um sistema de disposições duráveis ou capacidades treinadas; estruturas predispostas a funcionar como “estruturas estruturantes”. O primeiro termo diz sobre o desenvolvimento de padrões de percepção do mundo (estruturadas); o segundo fala sobre o padrão pelo qual se trabalha ao relacionar-se com o mundo social ou os campos etc. Um exemplo de Miles Davis com suas improvisações jazzísticas: ele o faz em cima de bases harmônicas conhecidas; percebemos que o *habitus* pode ser encarado com essas “bases harmônicas” sobre a qual desenvolve-se improvisos, sejam previsíveis ou não; é interessante ressaltar que o

comportamento social não é aleatório. Outro ponto de destaque é que o habitus possui características variáveis no tempo, lugar e na distribuição do poder; é o “gosto socialmente estabelecidos”. Segundo Lóic Wacquant, “o habitus é transferível para vários domínios de prática, o que explica a coerência que se verifica, por exemplo, entre vários domínios de consumo – música, desporto, alimentação, mobília e, também, nas escolhas políticas e matrimoniais [...]” (WACQUANT, 2017, p. 214). Ou seja, há uma posição que se ocupa no espaço social por conta da combinação do capital econômico e cultural e um conjunto de experiências que decantarão na sedimentação da estrutura social tornada estrutura mental e em uma *hexis* corporal, isto é, modos de agir do corpo ao meio social.

2.8.4 Educação como impulsionadora da mobilidade social

A Educação no estado democrático de direito é entendida como um direito social; sua magnitude e relevância são dessa forma reconhecidas e vertidas na formalização da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), o que atribui, diante da sociedade, um dispositivo que deve ser levado à efetivação. Tal reconhecimento compreende a extensão do ser humano:

o singulus, o civis e o socius. O singulus por pertencer ao indivíduo enquanto ele próprio, o civis por envolver a participação política nos destinos de sua comunidade e o socius por significar a igualdade e participação na repartição dos bens sociais de modo equânime e justo (CURY, 2012, p.151).

Em meio a tendências neoliberais⁵ mobilizadas na estrutura social, os direitos sociais têm sofrido com manifestações, nos dias que correm, de redução, aplacamento e apequenamento em razão da “efetivação, garantia e efetuação requererem investimentos de recursos” (CURY, 2012, p.151). A escola, instituição executiva da educação de maior envergadura, se manifesta não como a garantidora da repartição das benesses sociais de maneira justa e equânime, nem mesmo como alavancadora de uma mobilidade social; ao contrário, tem agido com um modelo para a reprodução da estrutura social dominante, excludente, seletiva, apartadora e desigual.

⁵ Essas tendências oriundas do modelo neoliberal estão associadas a outras mais, como: o livre mercado e a propriedade privada. Tais tendências propõe uma série de pontos, dos quais se destacam: a condenação da intervenção estatal nos mercados como maneira de agressão ao princípio da liberdade individual, isto é, o assistencialismo estatal como da assistência pública gratuita, por exemplo, saúde, previdências e educação, é visto como o viés no sentido do Estado totalitário (JÚNIOR, 2012).

Na implementação de uma escola para todos no contexto de uma sociedade de classes, a promessa da elevação social se dá por meio da Educação; o *capital escolar* é a única maneira, para certas classes e frações de classe, de evitar a regressão social e/ou de melhorar a posição relativa no espaço social (MENDES; SEIXAS, 2003, p. 117). Bourdieu (2007) deixa patente os mecanismos que regem a estrutura escolar e, por conseguinte, as engrenagens que não possibilitam, ou ainda atravancam, o cumprimento em sua totalidade da “promessa” de ascensão social pela educação. O sociólogo francês (BOURDIEU, 2007) aborda a reprodução social latente no sistema educacional, a qual era (e ainda é) encarada como natural.

No livro *Os herdeiros: os estudantes e a cultura* (BOURDIEU; PASSERON, 2014), a tese fundamental sobre a educação pública é sintetizada pelo pensamento de que o sistema educativo é uma ferramenta de reprodução social. Consagrando-se como inato às aptidões dos estudantes oriundos da elite, os herdeiros – sem considerar a origem social, uma vez que são produto do habitus de classe e da herança de *capital cultural*, das classes mais ricas economicamente –, recorrem cada vez mais à escola para manter ou melhorar a posição dos descendentes no espaço social (MENDES; SEIXAS, 2003, p. 116). Nesse contexto, o conceito de capital cultural é a chave da análise de Bourdieu para alcançar o entendimento do por que tantas crianças, sobretudo as das classes populares, não avançam na trajetória acadêmica.

A escola em sua posição transmite a cultura da sociedade, aquilo que é considerado legítimo; as expressões culturais da camada dominante da sociedade. A escola garante certos potenciais de notabilidade dos alunos como pretexto para “identificação” de quem é mais inteligente, esforçado, motivante, organizado, dócil... uma série de atributos que elegeu como legítimos para alunos possuidores do “dom escolar”, o que no fundo encobre a verdadeira busca de quem é possuidor de mais capital cultural. Diante disso, alunos que pertencem à classe inferiorizada não se reconhecem na cultura oferecida pela escola; essa seria exógena, ou seja, “*uma cultura estrangeira*” (NOGUEIRA, 2002); esses alunos, oriundo da classe baixa, não tiveram (ou foi escasso) contato com o arcabouço de capital cultural em tempos anteriores ao aprendizado formal escolar. Disso resulta:

Para os filhos de camponeses, de operários, de empregados ou de pequenos comerciantes, a aquisição da cultura escolar é aculturação. [...] É, portanto, sob a dupla relação da facilidade em assimilar a cultura e da propensão em

adquiri-la que os estudantes oriundos das classes camponesas e operárias estão em desvantagem [...]. (BOURDIEU; PASSERON, 2014, p. 40).

A escola é a face mais perversa da dominação; contribui para a manutenção da conservação das estruturas sociais, transmissão de poder e privilégios. O discurso escolar legitima, por meio de meritocracia, o “discurso dos dominantes” sobre os dominados. Ainda que prometa a mobilidade social e a melhoria nas condições de vida, a instituição reforça as desigualdades sociais na estrutura escolar; a posição de neutralidade guardada pela escola diante do cenário social preexistente é falsa.

Em virtude da premissa da igualdade dos estudantes, a escola justifica as diferenças culturais de indivíduos de classes sociais díspares, o que incorre na sanção do "dom social tratado como dom natural" (BOURDIEU, 2007, p.41). O trabalho de Silva e São João (2014) corrobora com o argumento sobre a educação formal e a desigualdade social quando aponta que o resultado da naturalização do "dom" é a distinção entre alunos desprestigiados ("fracassados") e os de destaque ("sucesso"):

As diferenças de êxito são atribuídas às diferenças de dons. Porém essa análise é errônea, porque a classe mais alta tem um privilégio cultural que leva seus filhos a já serem os detentores de um certo *habitus* exigido pela escola [...] o capital da elite é legitimado e dominante, arrastando a escola para as mesmas distinções de cultura. Assim, a escola atua como um papel mistificador, pois induz que o sistema escolar e o sistema social têm como base os dons e os talentos naturais, que, por sua vez, as classes desfavorecidas não têm e são persuadidas de que seu destino social se deve [...] à falta de dons (SILVA; SÃO JOÃO, 2014, p. 18 e 21).

2.9 DA RAÇA

Iniciaremos este item com um panorama estatístico para localizar, na população brasileira, o quantitativo de “não brancos”. Segundo o IBGE (2019); a informação sobre o número de brasileiros, cerca de 210,1 milhões de pessoas (210.147.125), das quais 42,7% são brancos e 56,2% são pretos e pardos; consideramos somente os resultados sobre a educação e a educação básica, em especial o Ensino Fundamental. Por meio da consulta ao Censo da Educação Básica (BRASIL, 2020), constatou-se que no ano de 2019 a rede de ensino recebeu cerca de 47,9 milhões (47.874.246) de matrículas; dessas a rede municipal absorveu algo entorno de 48,1%. Também por esse documento, podemos discriminar que os pretos e pardos são a maioria na etapa do Ensino Fundamental: anos iniciais (53,9%) e finais (54,9%). Outro dado do Anuário Brasileiro

da Educação Básica 2020 (TODOS PELA EDUCAÇÃO, 2020), aponta que a porcentagem de matrícula, em 2019, de crianças e jovens de 6 a 14 anos foi de 98% (média nacional). O documento discorre que 0,3% de pretos e pardos estão (em pontos percentuais) acima da média geral do país, enquanto os brancos estão na média. Essas informações denotam que tanto a população geral do país quanto a população específica na fase do Ensino Fundamental, possuem na maioria a contingência de alunos negros (pretos e pardos). A Tabela 3 compreende e resume as informações a respeito da etapa do Ensino Fundamental, estadual e municipal.

Tabela 3: Dados sobre o Ensino Fundamental

PARÂMETRO/ESFERA	ESTADO (RJ)	MUNICÍPIO (RJ)
Matrícula na educação básica	~3,6 milhões (3.573.417)	~1,3 milhão (1.319.777)
Matrícula no Ensino Fundamental	~2 milhões (1.976.311) alunos	714.411 alunos
Porcentagem nos anos do Ens. Fund.	Ai: 66,5% Af: 52,4%	Ai: 57,4% Af: 42,6%
Relação à cor/raça no Ens. Fund.	Ai (PP = 56,4%; Brc = 43,3%)	#
	Af (PP = 55,1%; Brc = 44,5%)	#

(Ai – Anos iniciais; Af – Anos finais; PP – pretos e pardos; Brc – brancos).
Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2020)

Na Tabela 3, se destaca a desatualização dos dados no âmbito municipal do Rio de Janeiro nos arquivos do IBGE e no site da Secretaria Municipal de Educação,⁶ cujas informações datam de 2010, ano do último Censo Nacional; e valendo-nos da especulação. Façamos um exercício de raciocínio a partir dos dados envolvidos na

⁶ Secretaria Municipal de Educação (2020). Disponível em: <https://educacao.prefeitura.rio/educacao-em-numeros/>.

Tabela 3. Sobre os valores da relação racial no Ensino Fundamental (estadual), aplicamos os números do município do Rio de Janeiro:

Alunos dos Anos iniciais: Brc = 177.534; PP = 231.252

Alunos dos Anos finais: Brc = 135.453; PP = 167.710

Concluimos que a população preta brasileira é relevante na análise panorâmica estatística em termos de educação, que outrora fora renegada.

2.9.1 O que é raça? Um pequeno caminho histórico

Em primeiro plano, o questionamento sobre o significado do termo "raça" e na busca por uma resposta concisa, iniciamos a investigação pelo livro *Palavras-chave: um vocabulário da cultura e da sociedade*, do escritor e crítico de literatura, Raymond Willians, em consonância ao artigo do prof. Kabengele Munanga, *Uma abordagem conceitual das noções de raça, racismo, identidade e etnia*. Ambos os textos serviram como marco-zero para fundamentar o entendimento sobre o marcador social da "raça" estudado nesta pesquisa.

À margem do saber espontâneo (senso comum) ao longo da história social sofre desvios ou torções de significado. Em consonância aos referenciais, nos textos os autores traçam contrastes. O substantivo "raça" pode ser definido como um constructo histórico e social e seus moldes remontam à classificação biológica (Taxionomia) de plantas e animais (a princípio) e depois entre seres humanos (WILLIAM, 2003; MUNANGA, 2014). O conceito de "raça" tem menção em algum lugar do século XIV-XV com sentido de linhagem, estirpe muito ligado à alegoria de descendência, todavia começa a ser desenvolvido no século XVI em consequência do processo de expansão marítima (RAMINELLI, 2011). O europeu travou frequente contato com nativos da regiões visitadas e, dessa forma, utilizou-se do termo na classificação com o gênero e a espécie na definição das "raças humanas": caucasiano no topo em detrimento da distribuição do restante; Blumebach forneceu uma categorização que provocou o estabelecimento efetivo de diferença entre grupos marcados pela estrutura craniana e a cor de pele; permeando o campo das ciências biológicas, o pensamento de "raça de humanos" ligado à "raça de animais". Nesse âmbito, "raça" não tem parâmetro

biológico, todavia é uma construção fundamentada na política, isto é, uma composição social sobre distintos fenótipos e genótipos. Com a colonização da América tomando forma, principalmente a partir da teologia e literatura, sobretudo como justificativa da escravidão, se baseiam as escrituras da genealogia da justificativa (BILHEIRO, 2008; MUNANGA, 2014), por exemplo do negro como escravo.

O século XVIII floresce e as teorias iluministas engendram um ser humano cartesiano da era moderna, buscador do conhecimento e laico. Em proveito disso há o resgate do conceito de raça existente nas ciências naturais no declínio das explicações teológicas.

O Iluminismo constituiu as ferramentas que tornariam possível a comparação e posteriormente, a classificação dos mais diferentes grupos humanos com base nas características físicas e culturais [...] E foi esse movimento de levar a civilização para onde ela não existia que redundou em um processo de destruição e morte, de espoliação e aviltamento, feito em nome da razão e a que se denominou *colonialismo* (ALMEIDA, 2019, p. 29).

Para Almeida (2019) a filosofia iluminista alavancou o processo colonial para as regiões periféricas do mundo moderno, realizado em favor de levar a *luz da razão* a essas localidades lúgubres e "primitivas". Já no século XIX, houve uma perspectiva de tratamento distorcido aliada a ideias destiladas de pensamentos político-social; após a publicação do livro *A Origem das espécies*, de Charles Darwin, pensadores como Arthur Gobineau – *Ensaio sobre a desigualdade das raças humanas* –, Herbert Spencer – *Princípios de sociologia* – e Houston Stewart – *Os fundamentos do século XIX* – se dispuseram no encabeçamento teórico da seleção natural de Darwin, conforme a natureza se sobrepunha e dominava as espécies (fortes e adaptadas) para afirmar um paradigma de espécies fortes e fracas – arremedos do “racismo científico”. As ideias decorrentes da evolução efervesceram como uma luta competitiva em busca da existência; com a "sobrevivência dos mais aptos" foi estendida desde a origem biológica aos conflitos e consequências sociais e políticas de uma espécie: o ser humano. Segundo apontam, Schwarcz e Gomes (2018) e Bethencourt (2018):

Uma série de teóricos, mais conhecidos como "darwinistas raciais", passaram a qualificar a diferença e a transformá-la em objeto de estudo: um objeto de ciências. Raça transforma-se, então, em conceito essencial e respaldado pela biologia (SCHWARCZ; GOMES, 2018, p.).

Chamo de racialismo científico esse novo desenvolvimento, pois trouxe consigo um esforço científico para justificar e reificar as divisões, bem como as hierarquias de raça, que supostamente seriam inatas, imutáveis e perpétuas

Dimensões no contexto social com ideias sobre superioridade de raça com base no darwinismo social trouxeram certa inerência à organização da sociedade, cujos contornos de raça a diferenciação dos aspectos corpóreos (cor da pele, tipo de cabelo, traços de nariz, boca etc.) serviram para a classificação do ser humano; ou seja, brancos são a raça superior e os negros são uma raça inferior. No Brasil, essa teoria também foi ventilada e concepções políticas tomaram um formato eugenista⁷ quanto às discussões raciais. No fim da segunda metade do século XIX, em decorrência do fim da escravidão, a maioria da população é negra e era, nas palavras de Silva e Soares (2011), tratados como espécie inferior e descritos como subespécie da raça humana, um híbrido ou amaldiçoado, comumente cientificamente e religiosamente diminuído frente ao Europeu; as políticas de imigração voltaram-se para a Europa com vistas ao embranquecimento da população brasileira.

No século XX, de acordo com Munanga, os avanços da Biologia Molecular e da Genética trazem aspectos definidores das categorizações dos humanos. Os marcadores genéticos possuem a eficaz capacidade de informar a respeito da natureza genética das raças, sendo concluído que a realidade da raça não tem sustentação na Biologia; ademais esse conceito se prova diante dos parâmetros da Ciência ser uma pseudociência. Todavia, nos moldes dos dias que correm, no Brasil, há um entrelaço, da tipificação fenótipo e status socioeconômico na classificação de raça. Embora não há como apresentarmos uma base científica que balize o termo raça para gerar diferenciação entre os seres humanos, é adotado o conceito de "*raça social*" (CARVALHO, M., 2005), que apresenta em seus escritos o construto social com relevância e eficácia na sociedade e o objetivo de produzir, sustentar e replicar as distinções e os privilégios de classe associados a raça. Em consonância com a autora (CARVALHO, M., 2005), sob a configuração social brasileira existe um "bastidor" que estipula a classificação de raça apoiado na aparência física (características associadas) e as condições socioeconômicas.

A raça pode ser concebida como "um fato social, referido aos significados atribuídos pelas pessoas a atributos físicos e que servem para demarcar indivíduos e grupos, como uma percepção social que categoriza [...] uma

⁷ Termo introduzido por Galton com sentido de "produção de uma descendência de excelência".

metáfora, a categoria mais frequentemente acionada para demarcar diferenças e desigualdades com base na raça (CARVALHO, M., 2005, p. 78).

2.9.2 A “pequena” trajetória do negro na escola brasileira

Nesta seção, abordaremos a trajetória do negro (os pretos e pardos) na escola brasileira a partir de um idílico comentário (sem esgotar a discussão) sobre o período pós-abolição como ponto de partida. Antes da pauta principal, vale a pena mencionar o período de vigência da escravidão no curso histórico brasileiro. Além da conjuntura social e econômica, houve um arcabouço legislativo (ALMEIDA; SANCHES, 2016) impossibilitador do “acesso do escravizado à escola”. A Constituição de 1824 delibera sobre a educação primária gratuita a todos os cidadãos, todavia a determinação enjeitou os escravizados do ingresso aos estabelecimentos de ensino oficial. Tendo passado uma década da Constituição vigente, nenhuma outra legislação fora relevante para a escolarização do negro (ALMEIDA; SANCHES, 2016). Em Barros (2005) encontramos pontuações relevantes para o início de discussão: “[...] pela legislação do império os negros não podiam frequentar escolas, pois eram considerados doentes de moléstias contagiosas” (BARROS, 2005, p. 45).

O Decreto Nº 1.331, de 17 de fevereiro de 1854, estabelecia que nas escolas públicas do país não seriam admitidos escravos, e a previsão de instrução para adultos negros dependia da disponibilidade de professores.

[...]

O Decreto Nº 7.031-A, de 6 de setembro de 1878, estabelecia que os negros só podiam estudar no período noturno e diversas estratégias foram montadas no sentido de impedir o pleno acesso dessa população aos bancos escolares (BRASIL, 2004, p. 07, apud BARROS, 2005).

A abolição da escravatura cinge a liberdade civil do negro, porém não contemplou quaisquer planos ou desenvolvimento de integração para o mercado de trabalho ou educacional. Barros (2018) destaca que os mecanismos sutis de obstrução do negro (citamos "negros" pretos e pardos, não obstante à época inclui-se o liberto, livre, forro, mestiço, mulato etc.) à escola, o impedimento velado do acesso à escolarização no período do pós-abolicionista.

O artigo “*O recinto sagrado: educação e antirracismo no Brasil*”, de Domingues (2009), traz o cenário subsequente ao fim do julgo da escravidão até o limiar da primeira década do século XXI, quanto à educação, especialmente para os negros. O texto concentra os esforços na apresentação de três fases do contexto educacional voltado às pessoas negras. Na primeira fase, está na banda temporal do fim

do século XIX até a instalação do Estado Novo; a pós-abolição é uma fase caracterizada por exclusões: na participação social uma vez que os recém-libertos e afins não participavam do sufrágio; vertentes da doutrina do racismo científico encontraram refúgio na sociedade brasileira, que por sua vez definiu as pessoas de cor como “subcidadãos e degenerados”; no trato psicológico, as ideias eugênicas estavam entranhadas na sociedade; na economia, por fim, a perda da preferência no mercado de trabalho frente à oferta imigrante. Na esteira dessa alegoria, a situação ante ao oferecimento de educação é tão inexistente quanto a de promoção de igualdade ovacionada no 13 de maio de 1888. Na intenção de promover mudanças das condições sociais (âmbito educativo, cultural e político), arregimentou-se associações, agremiações e toda a sorte de reunião de pessoas negras, livres, alforriadas, mestiças etc.

No campo da educação e da instrução houve ofertas de ações concretas; a transformação da condição imposta às pessoas de cor passava pelo amparo da educação, o cerne das desigualdades raciais encontrava-se à educação, além de outras como a desigualdade de renda, e isso leva ao empreendimento de estruturas em vários formatos educacionais fomentadas por essas organizações de cunho "associativo dos negros". A organização, a implementação e a mobilização da frente negrina não contava com a dependência do estado, conquanto não deixava de administrar uma dose de crítica perante a falta de oferta de incorporação social pelo viés da educação básica proveniente do Estado. A ênfase da esfera educacional tinha o ensino básico, o letramento, a instrução e a leitura como objetivo; o poderio contido na alfabetização condicionava a elevação do negro em suas estruturas intelectuais e moral, conectando-o ao mundo (DOMINGUES, 2009).

A segunda fase, estabelecida entre 1937 e 1978, é marcada por um conjunto de elementos que compõem o espaço social nacional de maneira fervilhante: os constitucionistas de 1932, o levante comunista de 1935 e a instauração o Estado Novo (1937). Em meio a essa configuração, vale citar D’ávila (2005) sobre o governo brasileiro e a educação das pessoas não brancas:

Entre 1917 e 1945, eles se empenharam em uma série de expansões do sistema escolar e em projetos de reforma que visavam a tornar as escolas públicas acessíveis aos brasileiros pobres e não brancos que, na virada do século, eram, em sua ampla maioria, excluídos da escola (D’ÁVILA, 2005, p.

21).

Tendo o olhar sobre os pobres e não brancos como degenerados, o governo via escola como “alinhadora das inclinações malogradas” pela mescla das raças. A partir de ideologias científico-sociais sobre raça, conduziram-se políticas educacionais que resultaram na ampliação das desvantagens e deméritos para os negros, afastando-os das virtudes e benefícios sociais que a educação proporcionaria; ao contrário, impondo, dessa maneira, obstáculos no processo de integração sociorracial.

As atividades de mobilização política arrefeceram pelo caráter ditatorial varguista do fim da década de 30. Almeida e Sanches (2016) inibiram significativa parcela do movimento negro. Contudo, com o fim do regime, a atuação dos movimentos sociais negros voltou a eclodir; organizações ainda mais vultosas do movimento negro, segundo Domingues (2005) e Almeida e Sanches (2016), agiam em prol de superar socialmente, moralmente, intelectualmente, politicamente e economicamente o atraso socioeconômico do negro. Estabeleceu-se centros de ensino e cultura com oferta de alfabetização, inserção em projetos socioculturais, mobilizações na esfera eleitoral, assistência jurídica, promoções de debates na imprensa e emissão de jornais autorais. Citamos, a exemplo de Corenza (2018), a União dos Homens de Cor (UHC), o Teatro Experimental Negro (TEN), Conselho Nacional de Mulheres Negras, Grêmio Literário Cruz e Souza, Associação José do Patrocínio, Associação Negro Brasileiro, Comitê Democrático Afro-Brasileiro, entre outros.

Houve um pequeno avanço no início dos anos de 1960; a Lei de diretrizes e Bases da Educação – LDB (BRASIL, 1961) fazia referência a preconceito racial, entretanto nas redações posteriores à Lei, entre os anos de 1968 e 1971, esse trecho não foi mantido. O cenário ditatorial de 1964 impôs-se de forma violenta e inibidora das vozes dos movimentos políticos populares e afins, isso incluiu os negros cujos temas poderiam ser enquadrados como incitação ao ódio e discriminação racial (ALMEIDA; SANCHEZ, 2016). As ações e mobilizações eram descentralizadas e não possuíam o viés de enfrentamento político ao regime estabelecido. Contudo, segundo Corenza (2018) ocorreram conferências, encontros, eventos, especialmente com a instituição em 1978 do Movimento Negro Unificado, na esteira de diversas ações para a participação política do negro: como a mudança dos currículos e programas escolares, formação docente – como qualificação na prática de ensino multirracial e poliétnica – e de

reformulações dos conteúdos nos livros didáticos em torno da Cultura e História Afro-brasileira, além da retirada de ideias e imagens negativas a respeito dos negros, (ALMEIDA; SANCHES, 2016; DOMINGUES, 2009).

Com a estabilização do processo de redemocratização foram elaboradas propostas legais para a fomentação da nova Constituição Federal, como o "embrião" do que viria a ser a Lei 10.639/2003 (CORENZA, 2018); no entanto fora arquivada com a alegação de uma questão especial (SANTOS; MACHADO, 2008, apud ALMEIDA; SANCHES, 2016). Após 1996, com a reformulação de LDB, o projeto voltou à baila, embora não fora promulgado na legislação e sem qualquer trato no que diz respeito ao tema racial. No raiar do ano de 2003, a promulgação da Lei 10.639 altera a LDB vigente em virtude da implementação da obrigatoriedade do trabalho de História e Cultura Afro-brasileiras no ensino público e privado nas etapas da Educação Básica. Após décadas no *front* do ativismo, o tenaz Movimento Negro dedicou-se e foi contemplado pelo Estado nacional nas suas demandas no que tange ao horizonte da educação; conquista de vivaz importância, que no traço da trajetória histórica, sobretudo a escolar, houve muita mitigação, entaves e empecilhos para que a população negra não acessasse os bancos escolares e alcançasse os seus favorecimentos.

Este trabalho possui em seu âmago a pretensão de apontar, por meio da análise dos dados colhidos, se há diferença entre o conhecimento a respeito de Física das Radiações pela amostra de alunos negros e brancos nos diferentes perfis escolares investigados.

2.10 DO GÊNERO

O termo "gênero" pode ser usado como um marcador social de diferenciação (HIRANO, 2019), assim como o termo "raça". Faremos breves pontuações sobre o termo, isso porque tem origem na análise dos dados do questionário sobre Física das Radiações, no que se refere ao aluno. Baseado nos textos de apoio, apontaremos o impacto do gênero na escolaridade no ensino de Ciências, em específico na Física, dos anos finais do Ensino Fundamental.

É importante esclarecermos que há outros marcadores sociais, mas nos limitaremos a gênero; irão servir para destacar no seio da sociedade contemporânea as suas diferentes formas de desigualdades (econômica, de renda, de acesso aos direitos

fundamentais, educação etc.), especialmente quanto ao tema desta dissertação que se volta para o trabalho com os anos finais do Ensino Fundamental. Outrossim, esses marcadores são resultado de construções sociais; a ideia de gênero e o significado que ele manifesta são variáveis no tempo, espaço e contexto social (HIRANO, 2019). A grosso modo, para compreendermos a desigualdade de gênero (assim como de raça, de renda etc.), ainda que somente pelo aspecto da educação básica, é necessário ampliar o conhecimento sobre os aspectos sócio-históricos da formação da sociedade brasileira e como ela se posiciona no contexto mundial.

A sociedade brasileira é capitalista e a lógica de sua dinâmica se insere no capitalismo dependente (MARQUES, 2018). Isso trará em seu bojo atributos peculiares à noção de gênero, em particular para a compreensão das diferenças de gênero na sociedade. O Brasil como uma sociedade capitalista dependente é uma sociedade de classes; o entendimento de desigualdade de gênero é tangente às desigualdades de classes e a divisão sexual do trabalho. Sob essa perspectiva, negar a existência de classe “[...] é, em última análise, negar a existência de diferenças e princípios de diferenciação” (BOURDIEU, 1996, p. 26); nas palavras de Marx e Engels (2007) sobre a “ideologia alemã”, “até agora os homens sempre tiveram ideias falsas sobre si mesmos, sobre aquilo que são ou deveriam ser” (MARX; ENGELS, 2007, p. 59), ou seja, a mudança na esquematização reprodutora e, por conseguinte, os efeitos da desigualdade de gênero agride mulheres e demais espectros de gênero na sociedade, de forma eficaz, serão promovidas a partir do ponto que o corpo social (e por alguns setores da universidade) se percebe como classe trabalhadora. Com a tomada de poder dessas classes (desprivilegiadas) se constrói um tecido social mais equânime e igualitário.

Dados foram coletados em diversos trabalhos que abordaram este tema, ou seja, a desigualdade de gênero no trato da Ciência. Sobre a distinção de gênero na Ciência, no trabalho *Mulheres na Ciência: por que ainda somos tão poucas?*, Bolzani (2017) indica que a contar de 1927, em um período de 90 anos, dentre as 320 premiações do Nobel, somente 16 foram concedidas às mulheres. Nossa atenção se desloca para a desigualdade do público feminino nas áreas científicas a partir da apresentação de um estudo realizado no jornal britânico, *The Guardian*. As várias barreiras como a instabilidade empregatícia e contratos temporários de curta duração impactam tanto no

desenvolvimento de uma carreira quanto na constituição familiar. A autora menciona o artigo do jornal com os impeditivos do cenário europeu; nesse sentido, o quadro desigual se assemelha aos trópicos. Outro ponto de destaque são os números da desigualdade de gênero na área das ciências exatas, de forma específica no STEM (acrônimo em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). Em 2013, nos Estados Unidos, as mulheres compõem 46% dos postos de trabalho, no entanto na área das Ciências, e no segmento da Engenharia, possuem uma porcentagem, respectivamente, de 27% e 12%. Bolzani (2017) traz mais um resultado da pesquisa a fim de tornar robusto o seu ponto de vista; o resultado da pesquisa "Gender in the global research landscape" (Elsevier) indica que no período de 2011 a 2015, em 27 países, dentre eles o Brasil, há uma representatividade de 49% dos pesquisadores sendo mulheres. Ainda no caso específico do Brasil, os números acerca da conclusão do Ensino Médio e conclusão em curso de graduação sofrem alterações positivas. Dentre os anos de 2000 a 2012, conforme os registros do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) de 2010, a presença feminina liderava grupos de pesquisa com 52% (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2020). A contragosto desse quadro, a superioridade numérica do corpo feminino na conclusão do curso superior se deu em áreas distantes das exatas, como as humanas. Já em áreas em torno da Matemática e correlatas, o perfil é desigual ao apresentar um cenário de 36% de mulheres em ciências agrícolas, 32% na aglomeração de Física, Química e Matemática e 39% nas engenharias. Uma lente sobre os dados do CNPq revelou também a situação de desigualdade vivenciada pelas pesquisadoras: as bolsas de produtividade a categoria de excelência acadêmica se dividem em dois níveis; as mulheres representavam 22,3% no primeiro escalão e 37,2% no segundo.

Outro ponto que merece destaque é o apontamento feito no trabalho de Grossi *et al.* (2016), *As mulheres praticando ciência no Brasil*, sobre a possível causa da baixa escolha das meninas por carreiras ligadas à Matemática e áreas relacionadas. Os autores apresentam dados de 2014, sobre a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) com base no PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) realizado nos dois anos pregressos. Essa avaliação nos revela que 38% das meninas participantes planejaram ingressar em carreiras ligadas às áreas das exatas,

enquanto 53% dos meninos compartilhavam de planos cômicos. A razão desses números estava possivelmente imbricada na construção social do gênero. Enquanto a figura feminina fora arquitetada, condicionada e associada ao comportamento dócil, maternal, sentimental, afável, o masculino foi enquadrado como calculista, competitivo, brioso, objetivo; ou seja, naturalizou-se historicamente caracterizações dicotômicas do gênero. Grossi *et al.* (2016) discutem sobre o estreitamento histórico da figura da professora primária no papel materno como se fosse dado pela concepção de "vocação da mulher" e escreve:

As mulheres, na mesma medida [que os homens], foram associadas características como delicadeza, zelo, afetividade. Características essas associadas quase que exclusivamente às fun oes do magistério. Um dos discursos que contribui para reforçar a concep o de feminiza o do magistério   marcado historicamente pela ideia de voca o da mulher para o desenvolvimento da prática [...] enfim, características essas que excluem e estigmatizam a mulher no cenário científico (GROSSI *et al.*, 2016, p. 18).

O artigo *Investigating gender differences in the science performance of 16-year-old pupils in the UK* (BELL, 2001) pesquisou o estereótipo sobre meninos serem melhores em Física, enquanto meninas em Biologia. O estudo se debruçou sobre os resultados do exame britânico GCSE (Certificado Geral de Educa o Secundário) no viés da Ciência sobre as áreas da Biologia, Química e Física. Destes resultados verificou-se a diferença entre os g neros e questões que envolvem apenas a rememora o de conhecimentos declarativos e não o uso procedimental. O trabalho aponta que a diferença se inclina para os meninos no contexto da Física em áreas como mecânica e temas sobre a Terra e o espaço e, no caso das meninas, pesa naquilo que circunda a área da Biologia humana. Foi verificado pelo estudo que a profundidade de processamento, isto  , o quão profundo se pode enraizar uma informa o de modo que se possa resgatá-la, tem sua dependência nas atitudes e experiências pregressas. Em outras palavras, Bell (2001) aponta a diferença de desempenho distinta para g neros fora da escola.

No trabalho de Kristiyasari *et al* (2018), *Gender Differences in Students' Science Literacy towards Learning on Integrated Science Subject*,   apresentado um estudo a respeito do domínio das habilidades em alfabetiza o científica. O estudo foi feito com 283 estudantes estadunidenses de três escolas de distintas categorias de desempenho (alto, regular e baixo). Para tanto foi categorizado cinco indicadores de alfabetiza o

científica: reconhecimento da questão científica, intensificação das evidências, tirar uma conclusão, comunicar a conclusão e demonstrar a compreensão destes conceitos científicos. A pesquisa deste trabalho se fundamenta no conceito da alfabetização científica como uma ferramenta utilizada pelo estudante na construção do conceito científico e aplicação de teorias ao cotidiano. A análise dos dados da pesquisa aponta que as estudantes apresentaram resultados melhores em quatro dos cinco indicadores, o que indica o domínio da alfabetização científica, ou seja, as meninas têm porcentagem superior; a menor pontuação foi no quesito "tirar uma conclusão" (Tabela 4). O quadro apresenta a superioridade do corpo de estudantes (meninas) em alta em quatro dos cinco critérios. No ponto sobre as escolas por desempenho, os meninos se destacam mais em escolas classificadas como de "alta categoria", contudo o resultado dos meninos apresenta pouca diferença; e mais, nas demais categorias de escola "regular e baixa", as meninas têm resultados superiores aos dos meninos, inclusive na comparação destes últimos casos com o resultado dos meninos das escolas de "alta categoria" (Tabela 5).

Tabela 4: Resultado do domínio da alfabetização científica dos estudantes

Indicadores/ Categoria	Porcentagem de Domínio dos Alunos em Alfabetização Científica nos indicadores de alfabetização Científica					
	Escola de alta		Escola de regular		Escola de baixa	
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
Reconhecimento da questão científica	72,60	74,40	68,33	65,79	59,57	49,75
Identificação de evidência	36,77	78,17	60,97	56,80	59,52	55,92
Traçar uma conclusão	75,56	72,42	56,94	59,43	47,35	50,22
Comunicação da conclusão	66,53	68,65	71,11	67,54	58,14	49,34
Demonstração do entendimento desses conceitos científicos	76,84	82,34	56,94	52,19	41,91	36,40

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Tabela 5: Porcentagem do domínio em Alfabetização Científica por categoria escolar

CATEGORIA	PORCENTAGEM DE DOMÍNIO DOS ALUNOS EM ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA					
	ESCOLA DE ALTA CATEGORIA		ESCOLA DE REGULAR CATEGORIA		ESCOLA DE BAIXA CATEGORIA	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
ALTA	62,54	68,10	32,11	36,00	16,32	24,35
REGULAR	36,77	31,43	56,32	56,32	53,11	53,91
BAIXA	0,69	0,48	11,58	9,67	31,58	21,74

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

O artigo *Por que as meninas não querem fazer ciências exatas?*, da Academia Brasileira de Ciências (CAPUTO, 2019) publica dados sobre a desigualdade de gênero presente na área da Ciência no Brasil. Traz também argumentações de autoridades que pesquisam sobre o tema em território nacional. Sobre os dados, desde 2016, a população feminina presente na graduação é superior (57,4%), porém não se pode dizer o mesmo em áreas segmentadas da Ciência como nos cursos de Engenharia. Aqui destacamos que na Engenharia Civil, o representativo de mulheres é 30% (30,3%), já na Engenharia Elétrica, o percentual é de 13% (13,1%) e, por fim, na Engenharia Mecânica chega a 10% (10,2%). Ainda nesse trabalho é levantado o posicionamento de três cientistas: uma da área de humanas e duas de exatas que se debruçam sobre o tema da desigualdade de gênero na educação. Elas concordam em apontar prováveis respostas para a questão que encabeça o artigo. Em síntese, as cientistas Elisa Reis, Yvonne Mascarenhas e Vanderlan Bolzani foram as entrevistadas para esse artigo e afirmam que as operações e os elementos concorrentes do processo de socialização são contribuintes responsáveis por inculcar as ideias no inconsciente coletivo da “naturalização da divisão sexual de atribuições” na sociedade. Ademais, circuitos iniciais de socialização as quais proliferam convicções, como “o homem é o provedor do lar e a mulher mantenedora”, por exemplo, são capazes de dotar a criança das primeiras aprendizagens e, em função disso, impactam as opções de futuras carreiras. A escola deve se prestar a ser um espaço

com o qual o aluno, menina e menino, possa vivenciar (de maneira igualitária) do conhecimento a fim de "exercer com mais liberdade as escolhas e desenvolver melhor as potencialidades".

O artigo *Onde as cientistas não têm vez*, publicado na Revista FAPESP, em 2018 (ANDRADE, 2018), apresenta o resultado de algumas pesquisas mundo a fora; no Brasil sobre a pouca adesão das mulheres nas áreas das Ciências, Engenharia, Tecnologia e Matemática (sigla em inglês, *STEM*). Nele é apresentado dados do Departamento Nacional de Pesquisas Econômicas dos Estados Unidos (NBER) que avaliou 2541 estudantes de pós-graduação em universidades do estado de Ohio entre os anos de 2005 a 2009, e foi constatado que as mulheres são menos propensas (12%) a concluírem as suas pesquisas.

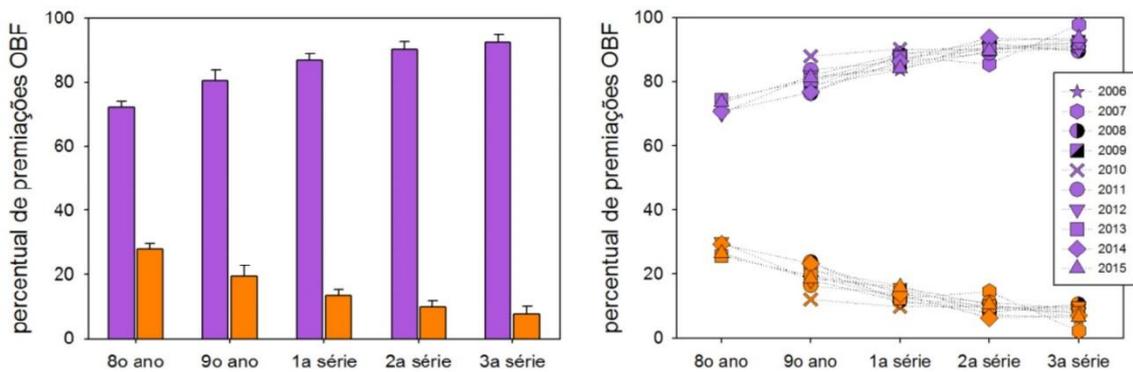
Um estudo promovido pelas Nações Unidas para a igualdade de gênero e o empoderamento feminino revelou, em 2017, o trabalho *Cracking the code: Girls' and women's education in STEM*, que 74% das mulheres interessam-se por temas ligados ao *STEM*; 30% são atuantes em pesquisas na área, e mais, ao passo que 32% desistem após um ano de graduadas. O governo australiano, pelo departamento de inovação, indústria, ciência e pesquisa, além da Sociedade de Engenheiras Mulheres, averiguaram que mulheres atuantes nas áreas classificadas *STEM* somam 16%, onde 31% em até cinco anos abandonam o emprego. Nos casos mais prolongados, o abandono pode ocorrer em 10 anos e atinge mais da metade dos postos femininos. No Brasil, o quadro em relação à disparidade de gênero não é muito diferente. A quantidade de mulheres é superior na maioria das universidades; elas estão em maior número de recém-formados (15 dos 20 cursos de graduação); na composição da docência das instituições públicas os números chegam a 50%. Na mão contrária a esse quadro, a atuação feminina é aplacada. O percentual em áreas de *STEM* é diminuto na proporção da progressão acadêmica na área. Na fatia de campo concernente à Física e Astronomia, por exemplo, as mulheres atingem um percentual de 6%; esse número cai para 5% quando olhamos para o topo da carreira (*efeito tesoura*) (ANDRADE, 2018).

As alegações para a interpretação dos dados contidos no artigo se inclinam para um ambiente discriminador e mantenedor de uma baixa representatividade. Os cursos pertencentes ao *STEM* são massivamente compostos por homens e isso colabora para "um ambiente hostil às mulheres". O "efeito tesoura" (MENEZES, 2017; BENEDITO,

2019) é o fenômeno que mostra a maneira pela qual as mulheres são expurgadas das Ciências no decorrer da sua trajetória acadêmica, impossibilitando que alcancem/conquistem postos de liderança ou de destaque nas suas áreas. A nomenclatura advém da forma gráfica de duas curvas que, ao serem plotadas e sobrepostas, assemelham-se a uma tesoura aberta; o ponto de cruzamento revela uma divergência, um distanciamento acentuado em relação a um parâmetro, neste caso, o tempo.

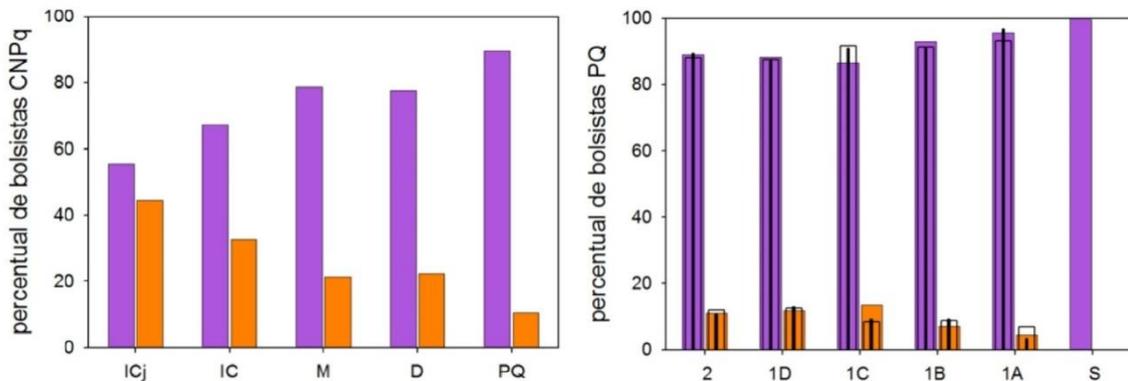
Os gráficos abaixo (Figuras 8 e 9) ilustram o significado do termo "efeito tesoura"; foram compostos a partir de dados de participação dos alunos (menino e menina) e respectivas premiações na Olimpíada Brasileira de Física. Checa-se as bolsas oferecidas pelo CNPq na sua gama de ofertas.

Figura 8: Efeito tesoura



O gráfico à esquerda mostra o percentual de medalhas recebida por meninos (roxo) e meninas (laranja) em função das séries escolares. Já no gráfico à direita mostra as premiações em função da série e ano de participação. É visível o efeito sofrido pelo público feminino ao longo do tempo. Fonte: Menezes (2017)

Figura 9: Percentual de bolsistas



À esquerda temos as abreviações como Iniciação científica júnior (ICj); iniciação científica (IC); mestrado (M); doutorado (D); e produtividade em pesquisa (PQ). À direita temos os níveis da categoria bolsa de produtividade, o nível mais elevado na escala de pesquisa ofertado pelo CNPq. É evidente o

efeito de corte ao longo do tempo na caminhada de torna-se uma cientista ou quando já formada propõem-se a ascender na carreira. Fonte: Menezes (2017)

Ainda sobre as alegações causais, e a fim de engrossar os apontamentos das (possíveis) razões sobre os resultados, o estudo apresentado na revista *Science* (BIAN, 2017) informa que o aparecimento do estereótipo da diferença de gênero surge em tenra idade. Em torno de 6 a 7 anos de idade, as meninas apontam que possuem menos probabilidade para as habilidades cognitivas; as meninas indicam os meninos como "muito inteligentes" e se deslocam de jogos voltados para essa categoria. Concluiu-se que isso é efeito da edificação social preambular e prematura a respeito da inteligência, do gênero e seu pareamento, configurando a cooptação às noções estereotipadas, o que impacta o interesse das jovens por áreas ligadas à Matemática e Ciências por encará-las como difíceis e/ou não se sentirem capazes.

2.11 DA INTERSECCIONALIDADE

Esta seção abordará o conceito de interseccionalidade e o seu uso para analisar a sociedade e as informações emergentes. Com base na leitura de Assis (2019), Collins (2020), Crenshaw (2002) e Silva e Menezes (2020), iremos apresentar o conceito de interseccionalidade.

A palavra intersecção, que dá origem ao termo, define o cruzamento entre duas ou mais linhas que resulta em um ponto. Agora, ao pensarmos na formação e desenvolvimento dos indivíduos em sociedade, essas linhas são os marcadores sociais de diferença (entre os mais comuns, citamos, gênero, raça, etnia, classe, religião, nacionalidade e orientação sexual), de modo que ao se cruzarem formam um ponto que denota a identidade do sujeito.

O conceito de interseccionalidade tem seu gérmen nas discussões do Feminismo Negro no período da década de 1970 e 1980, contudo, em 1989, ele foi sistematizado pela jurista afro-americana Kimberlé Crenshaw na publicação *Desmarginalizando a intersecção de raça e sexo: uma crítica feminista negra da doutrina antidiscriminação, teoria feminista e políticas antirracistas*. Crenshaw formula o conceito para compreender melhor as desigualdades e as discriminações emergidas dos eixos de poder relacionados a raça, etnia, gênero e classe que estruturam os alicerces econômicos,

sociais e políticos da sociedade burguesa. A princípio, o termo apontava sobretudo para a relação do impacto desse sistema opressor sobre as mulheres negras norte-americanas.

A interseccionalidade é uma conceituação do problema que busca capturar as consequências estruturais e dinâmicas da interação entre dois ou mais eixos da subordinação. Ela trata especificamente da forma pela qual o racismo, o patriarcalismo, a opressão de classe e outros sistemas discriminatórios criam desigualdades básicas que estruturam as posições relativas de mulheres, raças, etnias, classes e outras. Além disso, a interseccionalidade trata da forma como ações e políticas específicas geram opressões que fluem ao longo de tais eixos, constituindo aspectos dinâmicos ou ativos do desempoderamento (CRENSHAW, 2002, p.177).

O termo interseccionalidade se ocupa das interações e marcadores sociais; examina como os diferentes marcadores sociais interagem e sustentam os fenômenos de opressões sociais (que se baseiam nos marcadores sociais de diferença) que não atuam de maneira independente; pelo contrário, as formas de opressão emergem cruzadas em distintas maneiras de discriminação. É uma ferramenta teórico-metodológica analítica basal utilizada para pensarmos as relações de raça, sexo e classe. De maneira refinada, a interseccionalidade capacita a compreender as desigualdades, na opressão e na discriminação social inclinados para a exclusão de grupos ou indivíduos.

Houve um tempo em que pensávamos, de forma inocente, que a escola estaria sóbria dos processos de dominação, exclusão, opressão, marginalização e discriminação infligidos na teia social às minorias (FREITAS, 2019). Não obstante, no curso da década de 1960 (ALMEIDA, 2017) e 1970 (SILVA; SÃO JOÃO, 2014), pesquisas educacionais mostraram que a escola não somente reproduz como propicia o agravamento dos processos de desigualdade exterior (RESENDE, 2012). Como exemplo temos a desigualdade de renda, que é um fato externo; se reproduz na escola e se transforma em desigualdade educacional. A escola como local de formalização da cidadania dos indivíduos de uma sociedade, isto é, de sociabilização, também se verifica as diferenças. Dito isso, a ferramenta da interseccionalidade nos ampara na interpretação de dados oriundos de pesquisas e do sistema educacional, que expõem as condições de desigualdade social expostas aos negros, sobretudo às mulheres negras.

A representação da população negra, conforme dados do IBGE (2019), se origina da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua 2018 e corresponde a 55,8% da população residente e a força de trabalho 54,9%. À época, as mulheres negras correspondiam a 55,4% dessa população residente, no entanto o estudo aponta que

mulheres negras recebiam, em média, menos da metade dos salários destinados a homens brancos (44,4%); em relação às mulheres brancas a razão era de 58,6% e menos desigual em comparação ao homem negro (79,1%), ainda assim inferior. Na conclusão do Ensino Médio, os negros possuem (em 2019) uma taxa de 61,8%. Nesse contexto, as mulheres apresentavam 67,6%. A respeito das políticas públicas que buscam garantir e alargar o acesso à Educação Superior à população negra, i.e., lei de cotas (lei 12.711/2012). No apontamento de que na vida acadêmica e ciências, o número de doutoras negras integrantes do corpo docente de pós-graduação no Brasil é inferior a 3% (LAUREANO DOS SANTOS; ZILIOOTTO, 2022).

Ademais, segundo Almeida (2019), as mulheres negras são as que mais sofrem com o forjamento tributário dentro da estrutura da economia brasileira, uma vez que o tributo se dá sobre o consumo e o salário. No Brasil, a tributação feita pesa sobre os mais pobres e assalariados, pesa menos sobre os mais ricos porque o tributo não incide (da mesma forma) sobre o patrimônio e a renda. Essa normalidade de funcionamento da estrutura dos tributos alija, deprime, debilita, empobrece o setor desprivilegiado da sociedade: a população negra, principalmente, as mulheres negras, uma vez que essas são detentoras da última posição da pirâmide social. Dito de outra forma, as políticas públicas de tributação brasileira, que são regressivas, replicam as condições de desigualdade que colocam os pertencentes à população negra, sobretudo, as mulheres negras a pagarem proporcionalmente mais encargos do que indivíduos como renda mais elevada, em geral homens e mulheres brancas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

O racismo se manifesta no campo econômico de forma objetiva [...] Mais da metade dela - carga tributária - incide sobre o consumo, isto é, está embutida nos preços dos bens e serviços [...] Os dados indicam, particularmente, que as mulheres negras pagam proporcionalmente, em relação aos seus rendimentos, muitos mais tributos do que os homens brancos (ALMEIDA, 2019, p.134).

Estes cenários indicam uma situação estagnada em consequência da dinâmica de uma política econômica ou de "naturalização" própria do sistema capitalista. Porém ao se examinar (vistoriar) toda essa conjuntura apresentada sob uma perspectiva analítica da histórica da sociedade que se faz o entrelaçamento (intercruzamento) do recorte racial, de classe e gênero, torna-se mais perceptível a compreensão das formas de

subordinação articuladas e que tonificam a manutenção da sociedade (e da socialização) que, por sua vez, alicerçam a estabilidade do sistema capitalista.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentaremos a construção dos materiais desenvolvidos, o questionário, sequência didática, o método estatístico de análise. O questionário foi peça angular para o delineamento da análise realizada e apresentada, além da formatação do produto educacional oferecido por esta pesquisa.

3.1 DESENVOLVIMENTO DOS MATERIAIS – QUESTIONÁRIOS

Em uma pesquisa, o questionário é uma ferramenta composta por questões que se mostram versáteis, operativas e eficazes em diversas áreas do conhecimento (educação, saúde, ciências sociais e política) como consulta pública para determinada diretriz governamental ou de Estado, marketing etc. O objetivo deste instrumento é propiciar ao pesquisador a coleta de informações a partir de uma população. Segundo Vasconcellos (2007), o questionário é usado em pesquisas nas quais investiga sistematicamente a opinião de uma população sobre um assunto específico, o que auxilia o pesquisador a acessar eventos ocorridos no passado, na elaboração de perfis de comportamento e diagnósticos diversos. Esse instrumento pode ser utilizado em várias modalidades, dependendo de fatores que conduzam a critérios como a natureza da pesquisa, as características dos prestadores de informação, o alcance da pesquisa e a região a ser pesquisada, o orçamento para a investigação ou daquilo que se exige no planejamento da pesquisa.

Como parte integrante da metodologia desta pesquisa, elaboramos um questionário com o auxílio do Formulário Google – serviço disponibilizado aos usuários do Google – sobre Física das radiações a partir da leitura dos artigos de Rego e Peralta (2006), Sarina (2003), Millar (1996) e Morais (2019). Essa conjuntura teórica corroborou para fomentar a construção do questionário aplicado neste trabalho. Foram constituídas 29 (vinte e nove) perguntas segmentadas em quatro partes e divididas em questões generalizadas, sobre a identificação dos tipos de radiação, tópicos relevantes sobre o tema e a perfilhação do aluno); sobre a identidade dos alunos, salientamos que a pesquisa não requereu o nome dos participantes.

A primeira parte, "Questões generalizadas", se constituiu de seis perguntas que orbitaram o contexto da radioatividade e radiação, sendo cinco delas objetivas em

caráter dicotômico (sim/não) e uma pergunta aberta sobre o reconhecimento de um símbolo internacional da radioatividade (o trifólio radioativo).

Figura 10: Aspecto visual da primeira parte do questionário

Pesquisa em Física de radiações para alunos do 9º ano do fundamental

Parte 1 - Questões generalizadas

*Obrigatório

O que essa imagem significa para ti? *



Sua resposta

Você já ouviu falar sobre radiação? *

Sim

Não

Você sabe a diferença entre radiação ionizante e não ionizante? *

Sim

Não

Todos os tipos de radiação produzem o mesmo efeito no corpo humano? *

Sim

Não

Você já ouviu falar em radioatividade natural? *

Sim

Não

O tipo de radiação usado na radiografia é o mesmo que aquele usado no micro-ondas? *

Sim

Não

Próxima Página 1 de 4 Limpar formulário

Nesta seção consta uma pergunta aberta sobre o reconhecimento do trifólio radioativo e o contexto de Física das radiações no formato sim/não. Fonte: Elaborado pelo auto

A segunda parte, "Identificação dos tipos de radiação" (Figura 11), foi constituída de duas perguntas no formato múltipla-opções relativo às fontes e ao leque de opções em que a radiação se manifesta. A terceira parte, "Tópicos relevantes sobre o tema", foram trabalhados e elencados 12 (doze) questionamentos sob o contexto da aplicação tecnológica de radiações na área médica, segurança e produção de energia, cujas opções se organizaram na Escala *Likert*, isto é, uma escala de opinião em cinco pontos, de 1 a 5; 1 significa "Discordo totalmente" e 5 "Concordo totalmente".

Figura 11: Questionário segundo a Escala Likert a partir das aplicações das radiações

The image shows a digital questionnaire interface divided into two main sections: 'Questionário - Parte 2' and 'Questionário - Parte 3'.
Questionário - Parte 2:
- Title: 'Sobre a identificação dos tipos de radiação'.
- Question: 'Selecione os tipos de radiação que você conhece. *'.
- Options: Eletromagnética, Raios-X, Ultravioleta, Raios Gama, Luz Visível, Raios Cósmicos.
- Question: 'Selecione as fontes de radiação que você conhece. *'.
- Options: Polônio, Comida, Solo, Raios Cósmicos, Sol.
Questionário - Parte 3:
- Title: 'Tópicos mais relevantes sobre o tema'.
- Question 1: 'Atualmente, as pessoas são continuamente expostas a vários tipos de radiação. *'.
- Scale: 1 (Discordo totalmente) to 5 (Concordo totalmente).
- Question 2: 'Todos os tipos de radiações têm as mesmas características. *'.
- Scale: 1 (Discordo totalmente) to 5 (Concordo totalmente).
- Question 3: 'Na medicina, a radiação é usada em diagnóstico. *'.
- Scale: 1 (Discordo totalmente) to 5 (Concordo totalmente).
- Question 4: 'Na medicina, a radiação é usada em terapia. *'.
- Scale: 1 (Discordo totalmente) to 5 (Concordo totalmente).
At the bottom, there are navigation buttons: 'Voltar', 'Próxima', a progress bar, 'Página 2 de 4', and 'Limpar formulário'.

À esquerda, identificações de fontes de radiação; à direita, trecho exemplificativo da terceira parte.

Fonte: Elaborado pelo autor

A quarta e última parte (Figura 12), a "Perfilhação do aluno", disponibiliza nove perguntas que tratam de questões socioeconômicas; o objetivo é responder a uma simples questão: "*Quem é o aluno dos anos finais do Ensino Fundamental?*". Ela foi desenvolvida a partir da leitura do trabalho de Moraes (2019) e do "Questionário 1" presente nos anexos. Nossa pretensão não é esgotar o tema sobre as características da população infante dos Anos Finais do Ensino Fundamental, não obstante ela se enquadra exatamente no perfil. Há uma questão precípua sobre a classificação racial autoatribuída (pelos próprios alunos); com essa intenção foi utilizada uma classificação de cor baseada no Censo do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019), quando se agruparam brancos e negros e pardos no grupo (CARVALHO, M., 2005).

Figura 12: Trecho do Questionário aluno-participante

Perfilção do aluno	
Traçar um perfil socioeconômico do aluno participante	Como você classificaria quanto a sua cor? *
Nome da escola *	<input type="radio"/> Preta
Sua resposta _____	<input type="radio"/> Branca
Qual sua idade? *	<input type="radio"/> Parda
Sua resposta _____	<input type="radio"/> Oriental
Qual sua turma? *	<input type="radio"/> Indígena
Sua resposta _____	Você já repetiu o ano? *
Com qual gênero você se identifica? *	<input type="radio"/> Sim
<input type="radio"/> Feminino	<input type="radio"/> Não
<input type="radio"/> Masculino	Qual o nível de escolaridade de seu pai? *
<input type="radio"/> Prefiro não dizer	<input type="radio"/> Fundamental incompleto
	<input type="radio"/> Fundamental completo
	<input type="radio"/> Médio incompleto
	<input type="radio"/> Médio completo
	<input type="radio"/> Superior incompleto
	<input type="radio"/> Superior completo

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.1 Escala Likert

Segundo Richardson (2017), a Escala Likert é uma forma, método ou técnica de escalar, composta por um conjunto de frases (itens) cujo indivíduo pesquisado expressa um grau de acordo. Foi elaborado por volta de 1932, pelo professor e psicólogo da Universidade de Michigan, o norte-americano Rensis Likert.⁸ Em outras palavras, o método de pesquisa determina variáveis qualitativas que não podem ser mensuradas diretamente; se baseia na apresentação de uma afirmativa com opções de resposta usualmente dispostas na horizontal e ordenadas em gradação crescente de concordância com a afirmativa apresentada: *Discordo totalmente, Discordo, Indiferente, Concordo, Concordo totalmente*.

3.1.2 O câmbio usado nas respostas do questionário: condição facilitadora da análise

Nesta seção trazemos os resultados obtidos pelo questionário e demonstrados no capítulo posterior. A partir da Escala Likert, o resultado adquirido na terceira parte do questionário (Apêndice B) investiga a aplicação tecnológica das radiações em vários

⁸ RENSIS LIKERT. Wikipédia: a enciclopédia. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Rensis_Likert. Acesso em: 18 mai. 2021.

setores da sociedade (segurança, saúde, produção energética, indústria etc.), cujos alunos-participantes estavam familiarizados.

Para analisar os dados, utilizamos o editor da planilha *Excel*® com o intuito implementar os mecanismos de testes de hipótese na gama dos dados colhidos da parte 3 do questionário. Operado a modificação daquelas opções de resposta apresentadas na *escala Likert*, que estavam sequencialmente dispostas de 1 a 5; respectivamente, “1” Discordo fortemente (DF) e “5” Concordo fortemente (CF). Para tanto, estabelecemos a nomenclatura “Padrão” às afirmações da escala e à compressão dos dados do questionário: 1 (DF – Discordo Fortemente), 2 (D – Discordo) e 3 (N – Neutro) em “0”; 4 (C – Concordo) e 5 (CF – Concordo Fortemente) em “1” como visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Elementos e significados para a equivalência da troca

PADRÃO	1 - DF	DISCORDO FORTEMENTE	0
	2 - D	DISCORDO	
	N	NEUTRO	
	4 - C	CONCORDO	1
	5 - CF	CONCORDO FORTEMENTE	

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Para concluir a modificação foi utilizado uma função do editor de planilhas, conhecido como *função Se*, que permite fazer comparações lógicas entre aquilo que se espera e um valor. A *função Se* é empregada como a base entre duas construções lógicas por conta de respostas mais adequadas ao questionário, ou seja, o seu gabarito. As construções lógicas baseadas na *função Se* permitiram a transformação de cinco possibilidades de resposta (lado esquerdo da tabela acima) em somente três categorias de análise (lado direito da tabela). Para isso é preciso mostrar brevemente como foram montadas as funções de transformação de dados:

=SE(teste_lógico;[valor_se_verdadeiro];[valor_se_falso])

A função de transformação ficará para a primeira construção:

=SE(A2>=\$AD\$5;"1";SE(A2<=\$AD\$3;"0";"0"))

Podemos traduzir em palavras e com auxílio de um exemplo. “Se a resposta célula “B98” for maior ou igual ao valor contido na célula “D116”, então chamaremos

de “1”; já se a resposta da contida na célula “B98” for menor ou igual ao valor contido na célula “B116”, será chamado de “0”; caso contrário se chamará “0” também.

Figura 13: Exemplo da função Se (barra de fórmulas) usada para substituir valores

	A	B	D
98	A.97	4	=SE(B98>=\$D\$116;"1";SE(B98<=\$B\$116;"0";"0"))
99	A.98	5	1
100	A.99	3	0
101	A.100	3	0
102	A.101	3	0
103	A.102	5	1
104	A.103	5	1
105	A.104	5	1
106	A.105	5	1
107	A.106	4	1
108	A.107	3	0
109	A.108	2	0
110	A.109	5	1
111	A.110	5	1
112			
113			
114	PARÂMETRO		
115			
116	1	2	4 5
117	DF - D		C - CF
118	0		1

Exemplo da substituição envolvendo a questão 1 (lado esquerdo) para o aluno-participante A.97; os parâmetros utilizados para a mudança (parte inferior)

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Para a segunda construção temos poucas modificações. A segunda e a oitava questões (parte 3) possuem um caráter de resposta diferente das demais (Apêndice B); as pontuações consideradas corretas para as questões encontram-se entre os valores 1 e 2 da escala *likert*. Foi preciso executar a alteração também na formulação no programa de planilhas:

=SE(C2>=\$AD\$5;"0"; SE(C2<=\$AD\$3;"1";"0"))

A função determina a seguinte ordem condicional: se a resposta contida na célula “E98” for maior ou igual ao valor correspondente àquela contida na célula “D116”, então chamaremos de “0”. Agora se o valor for menor ou igual ao valor

correspondente ao que está contido na célula “B116”, então será atribuído o valor “1”. Qualquer coisa contrária a essas condições, será atribuído “0” (Figura 14).

Figura 14: Planilha cuja barra de fórmulas descreve a função que transforma as respostas da segunda questão

	A	E	G
1	ALUNO	Q2	PADRÃO 2
98	A.97	3	=SE(E98>=\$D\$116;"0";SE(E98<=\$B\$116;"1";"0"))
99	A.98	1	1
100	A.99	2	1
101	A.100	1	1
102	A.101	1	1
103	A.102	3	0
104	A.103	2	1
105	A.104	3	0
106	A.105	3	0
107	A.106	1	1
108	A.107	1	1
109	A.108	2	1
110	A.109	1	1
111	A.110	1	1
112			
113			
114	PARÂMETRO		
115			
116	1	2	4
117	DF - D		C - CF

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

3.2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

A seguir, apresentamos os recursos estatísticos utilizados nos esforços de análise e compreensão de dados extraídos do questionário sobre Física das radiações submetido às turmas dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Em caráter específico, analisamos a terceira parte do questionário que compete à aplicação tecnológica da radiação e radioatividade em diversos ramos: medicina, indústria, produção de energia, entre outros.

Utilizamos o processo de inferência estatística por meio do qual concluímos os dados das amostras populacionais. A menção ao termo “inferência” remete à ideia de dedução mediante informações; afirmação (ou afirmações) sobre um conjunto de dados

disponíveis. A inferência estatística objetiva estudar generalizações de uma população por meio de amostragem. A leitura da obra de Bussab e Morettin (2017) traz um outro olhar sobre esse processo; são argumentos estatísticos que compõem afirmações sobre as características de uma população por meio informações extraídas de amostras. Os autores propõem uma exemplificação cotidiana e corriqueira da técnica estatística. “Quando um comprador, após experimentar um pedaço de laranja numa banca de feira, decide se vai comprar ou não as laranjas” (BUSSAB; MORETTIN, 2017, p. 222).

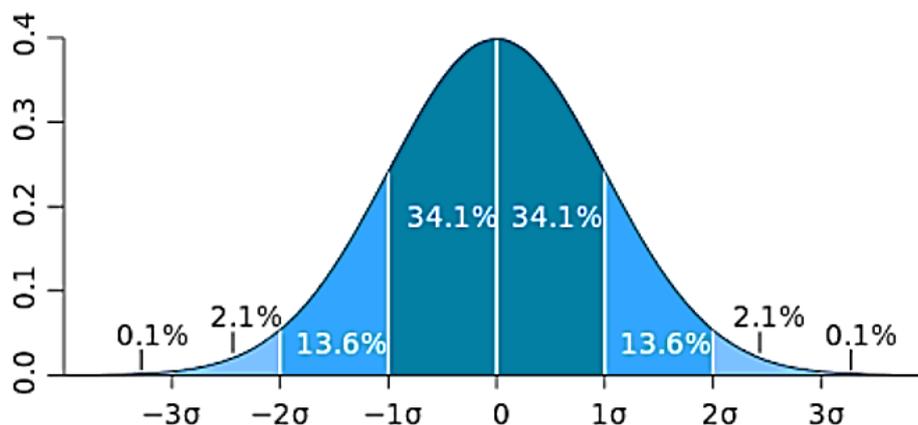
Vamos descrever os principais termos no espectro da inferência estatística. Hipótese é uma afirmação a respeito de uma população; aqui assume a forma de uma previsão de um parâmetro associado a um valor numérico específico ou que surge dentro de um intervalo. Teste de hipótese é uma ferramenta que instrui e auxilia na rejeição ou não de uma hipótese relativa a aspectos informacionais da amostra.

No livro de Wheelan (2016), *Estatística: O que é, para que serve, como funciona*, “a estatística não pode provar nada; em vez disso usamos a inferência estatística para aceitar ou rejeitar explicações com base na sua relativa probabilidade.” (WHEELAN, 2016, p.174), a hipótese estatística é o objeto buscado para validar, com auxílio de testes estatísticos, uma afirmação acerca de parâmetros de interesse na amostra. Em geral leva-se em consideração duas hipóteses: nula e alternativa. A hipótese nula (h_0) é a premissa, o ponto de partida, a afirmação de interesse maior; deverá refletir a conjuntura mais importante para a pesquisa a ser desenvolvida. Quanto à rejeição de h_0 , a hipótese alternativa (h_a) representa a afirmação sobre o parâmetro cujo interesse é ser verdadeiro; reflete um cenário que dá suporte a uma argumentação alternativa. “[...] em um tribunal a hipótese nula é que o réu é inocente. A tarefa da promotoria é persuadir o juiz ou o júri a rejeitar essa premissa e aceitar a hipótese alternativa, isto é, que o réu é culpado.” (WHEELAN, 2016, p. 174).

O nível de significância (α) é a probabilidade de se cometer erro do tipo I, isto é, rejeitar h_0 quando é verdadeira. De outra forma, indica as chances de repetição do resultado em uma pesquisa semelhante; normalmente α é fixado em 5%, ou seja, deve-se esperar que algo como 95% de todas as amostras deem o mesmo resultado para um teste estatístico. Em Estatística, uma grande quantidade de experimentos tende a produzir uma distribuição normal (SOARES, 2012). O gráfico tem um formato de sino (Figura 15), também conhecida por curva gaussiana, que é proporcional à quantidade de

termos em uma amostra; quanto maior o número de termos em uma amostra, tanto mais o gráfico se assemelhará à curva gaussiana. O gráfico informa que a probabilidade de que um termo da amostra tenha valor perto da média aritmética μ é maior que a probabilidade de que o termo tenha um valor muito distante dela.

Figura 15: Gráfico de uma curva gaussiana



Fonte: WIKIPÉDIA (2021)⁹

A região de rejeição ou região crítica compreende a zona (gráfico de distribuição) cujos valores se apresentam em desencontro com o que foi proposto na hipótese nula (h_0). A região que possui a definição oposta a supracitada chama-se região de não rejeição, isto é, são valores estatísticos que estão na compreensão dos intervalos de valores assumidos pela hipótese nula. O chamado valor crítico é a determinação limítrofe entre essas duas regiões. O *valor-p* pode ser encarado como valor resultante do teste estatístico que está na região de rejeição; é o valor probabilístico de se obter uma estatística, sendo observado um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado. O teste estatístico servirá como peça principal nos testes de hipótese. A partir do contexto deste trabalho, que tem por interesse uma situação de importância prática.

Neste caso, a distribuição *t-Student* desempenha papel de suma importância. O teste *t-Student* está em uma categoria de testes de hipóteses que se apresenta na situação em que se tem duas amostras independentes e se deseja averiguar uma possível

⁹ WIKIPÉDIA. *A enciclopédia*. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web/. Acesso em: 20 mai. 2021.

diferença entre as médias dessas amostras. Quando dizemos “amostras independentes” significa que a população de onde se colhe uma amostra, os indivíduos não têm relação com a amostra que foi colhida da outra população.

Há de se considerar que os dados são normalmente distribuídos em ambas as populações. E, também, que as variâncias populacionais (σ_1^2 e σ_2^2) são desconhecidas, porém iguais ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$). Tomando como ponto de partida as condições mencionadas anteriormente, podemos considerar a seguinte estatística de teste:

$$t_{observado} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \mu_d}{\sqrt{S^2_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad \text{eq. 1}$$

$$\text{Onde, } S^2_p = \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \quad \text{eq. 2}$$

Discriminamos os termos vistos:

\bar{x}_1 e \bar{x}_2 – médias das amostras.

μ_d – diferença entre as médias desconhecidas das populações, onde: $\mu_d = \mu_1 - \mu_2$.

S^2_p – estimador de variância ponderada.

S^2_1 e S^2_2 – variâncias das populações amostrais

n_1 e n_2 - tamanhos das amostras.

Para testar $\mu_d = \mu_1 - \mu_2 = 0$, equivalentemente $\mu_1 = \mu_2$, tomaremos por hipótese: $h_0: \mu_1 = \mu_2$ ou $h_0: \mu_d = 0$ $h_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ou $h_0: \mu_d \neq 0$

Sobre h_0 , isto é, assumindo que o valor real para μ_d é aquele especificado em h_0 , a estatística de teste $t_{observado}$ tem distribuição *t-Student* com $(n_1 + n_2 - 2)$ graus de liberdade (*gl*). O *valor-p* é o valor de prova do teste, compara-se o *valor-p* com o nível de significância, se:

$p > \alpha$ – devemos aceitar h_0

$p < \alpha$ – devemos rejeitar h_0

3.3 DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO COM BASE NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

O material educacional foi pensado e produzido para ser utilizado pelo professor que ministra aulas de Ciências nos anos finais ensino fundamental, em especial aquele atuante no 9º ano. A intenção foi a de elaborar dois arcos compostos de intervenções pedagógicas, sendo um com base em assuntos relacionados às temáticas de ondulatória e outro com base em assuntos ligados à radiação. Estas sequências de intervenções tiveram o propósito de atender, em parte, os objetivos ligados aos conhecimentos e habilidades inscritos na unidade temática Matéria e Energia associado ao 9º ano, como indicado na Tabela 1. Para esse intento, optamos por utilizar a dinâmica dos *Três Momentos Pedagógicos* (3 MP) como estrutura das sequências didáticas.

A proposição dos 3 MP de Delizoicov (ARAÚJO; MÜENCHEN, 2018), Angoti e Pernambuco (BONFIM *et al.*, 2018), tem como norteador a educação dialógica de Paulo Freire, que traz à metodologia de ensino de Física uma abordagem organizada em três frentes: *problematização inicial*, *organização do conhecimento* e *aplicações do conhecimento*. O primeiro momento (problematização) leva em consideração agenciar na sala de aula um tema gerador, propor uma questão geradora de discussão; ou seja, situações reais que compõe o cotidiano dos alunos são apresentados com o intuito de criar um vínculo entre a teoria e a prática – *Pedagogia da existência* –, em que o estudante é instigado a refletir sobre aquela realidade. Em um segundo momento (organização do conhecimento), os fundamentos teóricos são apresentados. Organizar, expressar e sistematizar os conhecimentos necessários à solução das questões levantadas na problematização; os estudantes podem ser estimulados a buscar o conhecimento. O terceiro momento (aplicação do conhecimento) tem como objetivo estimular a aplicação do conhecimento em inúmeros contextos; isto é, a utilização sistemática dos conhecimentos que foram produzidos ao longo das ações. Pode ser subdividido em dois momentos: quando o conhecimento é aplicado na situação de problematização inicial e quando os estudantes são estimulados a aplicar o conhecimento em outras situações. Diante disso, espera-se que os estudantes sejam capazes de analisar e interpretar situações distintas às originalmente expostas.

A primeira sequência de ensino-aprendizagem com base nos três momentos pedagógicos oferece uma intervenção didática sobre noções de ondulatória. No

esqueleto da proposta de intervenção elaborada neste trabalho, a problematização inicial foi prevista para ser realizada em duas etapas, cada qual em um tempo de aula. A dinâmica de atividades no primeiro encontro, denominada verificação dos conhecimentos prévios, seguiu o ordenamento: Solicitar a construção de três nuvens de palavra, cada qual relacionada a uma questão sobre ondulatória; reflexão sobre as respostas nas nuvens. O segundo encontro foi organizado para a realização da atividade de elencar respostas e atribuir exemplos seguindo a exibição sequencial de imagens e *gifs* sobre ondulatória.

Como etapa subsequente à problematização inicial, consideramos necessário (e suficiente) duas aulas de um tempo de cada para o segundo encontro pedagógico. A organização do conhecimento foi dotada de uma fundamentação sistemática dos conceitos cientificamente aceitos sobre ondulatória. A primeira parte do encontro teve o objetivo de definir oscilação, onda, assim como a diferenciação e classificação quanto à natureza da onda. A segunda parte ficou incumbida de apresentar a onda periódica e os elementos inerentes a esse tipo de onda, a saber: período, frequência e comprimento de onda; algumas relações matemáticas de sumária importância para os estudos em ondulatória. Todas as etapas mencionadas dentro da organização do conhecimento possuem atividades compostas de questões respeitando cada temática com a intenção de fixar os conteúdos vistos neste momento pedagógico.

Na aplicação do conhecimento, último momento pedagógico em que se oportuniza a abordagem dos conhecimentos incorporados pelos estudantes nos episódios anteriores. Para o alcance deste propósito de aplicação do conhecimento foi elaborado três atividades estabelecidas online. Estas atividades têm sua base de construção na ferramenta Google Forms, sendo a primeira delas (atividade 6) composta por vídeo e questões que tratam do tema onda, período e frequência. A atividade 7 agrega questões em que o tema ondulatória está presente no formato de tirinhas. Na atividade 8 os estudantes têm a possibilidade de manipular um simulador de geração de ondas. (*Phet*¹⁰) Essa atividade foi roteirizada e tem o objetivo de colocar em destaque as características presentes em uma propagação ondulatória simulada, além de viabilizar a

¹⁰ *Phet* - Projeto que cria e hospeda simulações interativas de fenômenos da química, física e de recursos da matemática. https://phet.colorado.edu/pt_BR/about

ampliação da percepção das relações matemáticas entre frequência, período e velocidade de propagação da onda.

Os materiais (slides, textos, formulários, vídeos, site, simulações e afins) estão dispostos nos apêndices agregados à sequência didática na forma de link para acesso e utilização irrestrita pelo professor.

A segunda sequência de ensino-aprendizagem baseada nos três momentos pedagógicos busca oferecer noções de Física das radiações. Esta intervenção didática é equipada por sequências com o propósito de definir radiação e classificar conforme seus aspectos ondulatórios, apresentar a relação entre frequência e energia associado à radiação, além de apresentar a definição conceitual de radioatividade e suas classificações.

O primeiro momento pedagógico, a problematização inicial, foi dividido em duas partes cada qual possuidor de um tempo de aula, a saber: verificação dos conhecimentos prévios e percepção dos fenômenos. A verificação dos conhecimentos prévios propõe aos estudantes a participação em uma pesquisa sobre Física das radiações (seção 3.1), seguida de uma discussão sobre radiações no cotidiano. A fase "percepção dos fenômenos" consiste na realização de atividades experimentais pelos estudantes e foi dividida em três partes sequenciais e interligadas de forma que demonstrassem algumas características das radiações. As atividades experimentais foram pensadas para serem límpidas, de rápida execução e de clara percepção pelos alunos-participantes. Convenientemente sequenciadas, as atividades possuem um caráter investigativo, cujo objetivo é fazer emergir os conceitos já assimilados pelos alunos de alguma maneira em algum tempo, além da distinção sobre a contaminação e a irradiação no que compete à radiação e à radioatividade.

O segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento, como a etapa anterior foi segmentada em dois encontros de um tempo por aula. Nelas foram organizadas as apresentações dos conceitos básicos envolvidos nos temas radiação e radioatividade e, também, as atividades relativas a cada segmento deste segundo momento. Formulou-se uma apresentação digital, em slides (.pptx), de forma que estivesse condensado e sintetizado as conceituações e informações necessárias para o objetivo traçado de aproximar o conteúdo organizado, compreensão do espectro eletromagnético e da radiação de caráter corpuscular. A apresentação em slides dispôs

dos seguintes tópicos: Espectro e principais fontes de radiação eletromagnética às quais estamos expostos, além de origem, exemplos, usos, benefícios e potenciais riscos; radiação corpuscular (radioatividade), seus tipos, características básicas, poder de penetração, aplicação no cotidiano. As atividades propostas como modo de fixação dos conceitos seguem a temática de encontro.

Houve o preparo de um material, denominado "conteúdo de aprofundamento", que tratou objetivamente de organizar e lançar mão dos modelos atômico, conceituar o fenômeno da ionização e, por fim, apresentar a organização das radiações segundo classificação de energia. Contudo, a utilização desse material não implica na sequência apresentada, ele é adicional.

Na aplicação do conhecimento, terceiro momento pedagógico, foi elaborado um debate sobre a aplicação de diversas formas de radiação em nosso cotidiano com a exposição de prós e contras. Desta forma, o estudante é novamente confrontado com a discussão sobre aplicações no cotidiano das radiações, mas agora tendo o objetivo de formalizar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores e, para isso, leva-se em consideração fazer ajustes de possíveis equívocos de posicionamento e explicações.

Também na segunda sequência de ensino-aprendizagem para noções de radiação foi montado um arcabouço de materiais digitais com acesso por meio de links e *Qr code* para acesso do professor e utilizado do mesmo para com os estudantes.

Sobre este lastro, apoiamos a construção e a proposição das sequências de intervenção didática que fomentam os materiais educacionais deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos os resultados da investigação submetida aos estudantes do 9º ano do ensino fundamental sobre seus conhecimentos a respeito de Física das radiações sob o ponto de vista dos sociomarcadores. Nessa investigação participaram 110 estudantes provenientes das escolas privada e pública. Foram três escolas privadas e uma escola da rede pública que se dispuseram a participar deste trabalho permitindo com que o convite ao preenchimento do questionário chegasse aos seus alunos por intermédio dos professores de Ciências. Na seção 4.2 contém informações mais detalhadas sobre as escolas, turmas e da aplicação propriamente dita. Também descrevemos a aplicação e a transcrição de informações relevantes e mencionadas pelos alunos durante a aplicação da intervenção didática dos *Três Momentos Pedagógicos* realizada em uma turma composta de 21 alunos do 9º ano da mesma escola pública em que foi realizada a investigação por meio do questionário. Além disso, analisaremos os resultados do comparativo (pré e pós-teste) da pesquisa sobre a Física das radiações (Apêndice C) para a turma em que os *Três Momentos Pedagógicos* foram aplicados, sem contar com a descrição do público-alvo, das escolas e as localidades, uma vez que o nível de desenvolvimento social da localidade tem relação com a disposição (*habitus primário*) dos alunos ante o sistema escolar, ou seja, tem ligação com as esferas social, econômica e culturais (FREITAS, 2009).

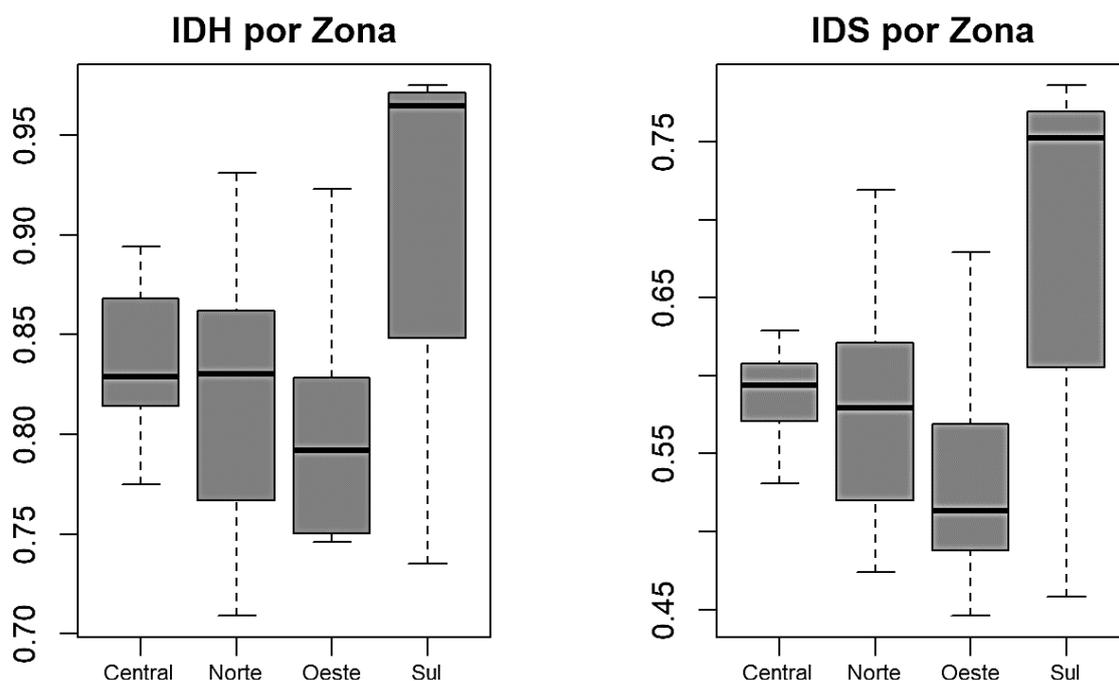
4.1 AS ESCOLAS E SUAS LOCALIDADES

O primeiro dos dois questionários produzidos (Apêndice B) abrange as instituições de ensino: uma da rede pública municipal (Escola A) e três da rede privada (Escolas B, C e D), todas no Rio de Janeiro. As escolas estão localizadas na zona norte e oeste: as privadas B, C e D se localizam, respectivamente, na Vila da Penha, em Pilares e na Gardênia Azul; a instituição pública A, no bairro de Ricardo de Albuquerque.

Estabelecemos um critério para caracterizar os espaços micro urbanos do município do Rio de Janeiro de acordo com a realidade social, os conceitos de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o Índice de Desenvolvimento Social (IDS), que abrange a renda, o grau de escolaridade e a expectativa de vida. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o IDH é a informação que indica a qualidade de

vida, o bem-estar e as condições de vida da população da região pesquisada (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2008). Já o IDS estratifica não só as situações relativas ao domicílio e os indivíduos residentes. Segundo Vianna (2020), o índice abrange informações do acesso ao saneamento básico, qualidade habitacional, grau de escolaridade e disponibilidade de renda, isto é, uma mescla informações socioeconômicas e urbanísticas. A finalidade é medir o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica e o desenvolvimento social nas áreas urbanas. Diante disso, apresentamos um gráfico que expõe os dados condizentes com o IDH e o IDS por zonas regionais do município do Rio de Janeiro. Em seguida, tabelamos as informações sobre os IDS e IDH, porém relativo aos bairros cujas escolas participam da nossa pesquisa.

Figura 16: Gráficos dos IDH e IDS por zona regional



Os elevados índices se concentram na zona sul carioca com pouca variação na região central; em relação aos indicadores da zona norte e oeste, há concentração de uma população com baixo nível econômico.

Fonte: Vilella (2019)

Tabela 7: Dados relativo ao IDS, IDH e o total de equipamentos culturais de alguns bairros

Bairros – R.A. ¹¹	Índice de Desenvolvimento Social (IDS)	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Total de equipamentos culturais na R.A.
Ricardo de Albuquerque – XXII Anchieta	0,569	0,807	3
Gardênia Azul – XVI Jacarepaguá	0,570	0,768	4
Pilares – XIII Méier	0,593	0,831	11
Vila da Penha - XIV - Irajá	0,658	0,909	6
Centro – II Central	0,643	0,800	144
Botafogo – IV Botafogo	0,733	0,894	73
Copacabana - V Copacabana	0,731	0,956	47
Lagoa – VI Lagoa	0,819	0,959	83

A Região Administrativa (R.A) correspondente ao município do Rio de Janeiro. Os quatro primeiros se referem às localidades das escolas pesquisadas; os demais se destacam pela discrepância dos indicadores social. Fonte: Rio de Janeiro (2008-2010)

As informações sobre o IDH e IDS não parecem alarmantes; a média do IDS para o município é de 0,583 (RIO DE JANEIRO, 2008) e a escala de IDH para médio está na faixa entre 0,5 e 0,799 e acima de 0,8 para elevado. Especificamente o subúrbio no município do Rio de Janeiro possui poucos equipamentos culturais (museus, bibliotecas populares e especializadas, escolas e sociedades musicais, espaços e centros culturais, galeria de arte, teatros e salas de espetáculo e cinemas) segundo a análise de Villela (2019) em relação ao IDH, IDS e a noção de equivalência entre Educação e qualidade de vida. O quantitativo da Tabela 7 evidencia que as escolas participantes deste trabalho estão em bairros (regiões administrativas) que sofrem com a escassez de equipamentos culturais estatais. Há uma relação entre o total de equipamentos culturais e os índices sociais. É perceptível a predominância dos aparelhos culturais na zona sul e central, localidades priorizadas pela gestão pública em detrimento da zona norte e oeste

¹¹ Regiões Administrativas: subdivisões territoriais cujos limites físicos podem abranger mais de um bairro; delimitam a jurisdição das ações do governo a fim de descentralizar administrativamente e a coordenar os serviços públicos nestes locais. No total são 33 por todo o município do Rio de Janeiro e administrada por sete subprefeituras (VILLELA, 2019).

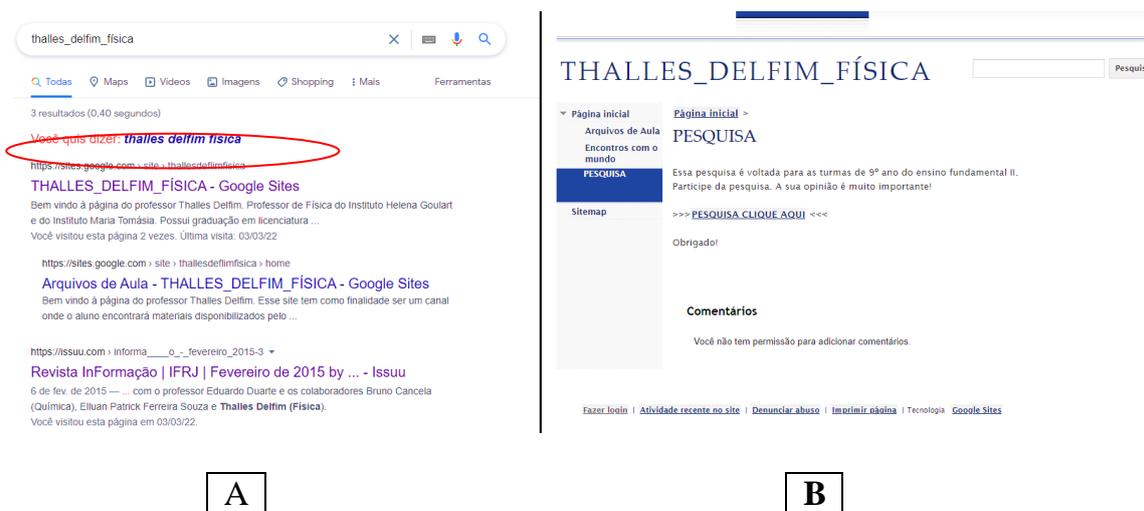
negligenciadas, cuja maciça parte da população trabalhadora é explorada e possui uma economia mais acanhada.

A quantidade de aparelhos culturais nessas áreas, o impacto na aquisição e o acúmulo de capital cultural da população residente, fator de alto valor no sistema educacional, influencia o sucesso ou fracasso escolar. A partir de uma reflexão sobre a desigualdade na distribuição de equipamentos culturais, Peres e Melo (2006) aponta a diferenciação sociocultural revelada também de forma espacial. Esta conjuntura não determina, de maneira direta, o acesso aos bens culturais, contudo a ausência dessa aparelhagem contribui, influencia e representa a disparidade e a exclusão. “O processo de construção da cidade distribui esculturas, museus e edifícios de alto padrão [...] as zonas favorecidas incorporam, como lugares, o capital cultural que forja não somente seu futuro, mas reduz o futuro das áreas menos favorecidas.” (PERES; MELO, 2006, p. 94).

4.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SOBRE FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Realizamos uma reunião em uma escola pública para aplicar os questionários sobre a Física das radiações e convidamos os alunos a participarem, voluntariamente, de uma pesquisa sobre o tema radiação e radioatividade em vários aspectos da vida cotidiana, conforme explorado no capítulo sobre a metodologia. Para complementar o convite, o acesso à pesquisa se deu por meio de um *link* na internet. Após a explicação sobre a natureza do convite, os alunos foram encaminhados a digitarem, em uma ferramenta de busca nos respectivos celulares, as palavras “thalles_delfim_fisica”. Em seguida ao aparecimento dos resultados, orientamos que clicassem no site cujo título era semelhante ao da barra da pesquisa (Figura 17A). Ao se depararem com a página inicial, os alunos foram conduzidos a clicarem em “PESQUISA”; na subpágina encontraram o link de acesso ao formulário correspondente à pesquisa: “PESQUISA CLIQUE AQUI” (Figura 17B). O mesmo processo se deu nas escolas da rede privada.

Figura 17: Orientações sobre a pesquisa



A: Imagem da pesquisa no site da ferramenta de busca. B: Página cuja pesquisa se ancora.
Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Na escola da rede municipal de ensino, solicitamos à direção que a pesquisa fosse promovida nas turmas do 9º ano. Após a explanação sobre a natureza da pesquisa e o detalhamento sobre as atividades, encaminhamos o documento correspondente ao Termo de Consentimento (Apêndice A) para a assinatura da direção, que autorizou a nossa ação. Munido de um *notebook* com acesso à internet em uma sala reservada, atendemos quatro turmas do 9º ano como público-alvo da pesquisa; fornecemos acesso à internet àqueles alunos(as) que não tinham conexão (Capítulo 3).

Brevemente, expusemos a relevância e a contribuição para o nosso trabalho, uma vez que a participação na pesquisa era voluntária e o anonimato do(a) aluno(a) seria preservado. Solicitamos àqueles que possuíam *smarthphone* com conexão à internet que acessassem a pesquisa pelo próprio aparelho por meio de um passo a passo; essa medida acelerou o processo de coleta de dados. Já àqueles(as) alunos(as) sem um aparelho de telefone (e conexão à rede), foi disponibilizado um *notebook* para que respondesse à pesquisa.

A pesquisa ocorreu em torno de três meses, entre o fim de setembro e o início de novembro de 2019. Na escola A (pública), o processo presencial de coleta de dados recebeu quatro turmas de 9º ano dos Anos Finais do Ensino Fundamental e durou cerca de cinco horas; nas escolas B, C e D (privada) durou todo o período de vigência. Sendo a escola B composta por uma turma de 9º do Ensino Fundamental, cujo contingente era de 40 estudantes; a escola C também possuía uma turma, porém com 24 alunos, já a

escola D verificou um total de 57 alunos distribuídos em duas turmas. Na Tabela 8 abaixo, vemos a reunião das informações sobre o número de turmas, quantidade de alunos e, além do contingente de alunos-participantes da pesquisa; no total, 110 estudantes.

Tabela 8: Quantitativo de alunos-participantes por escola

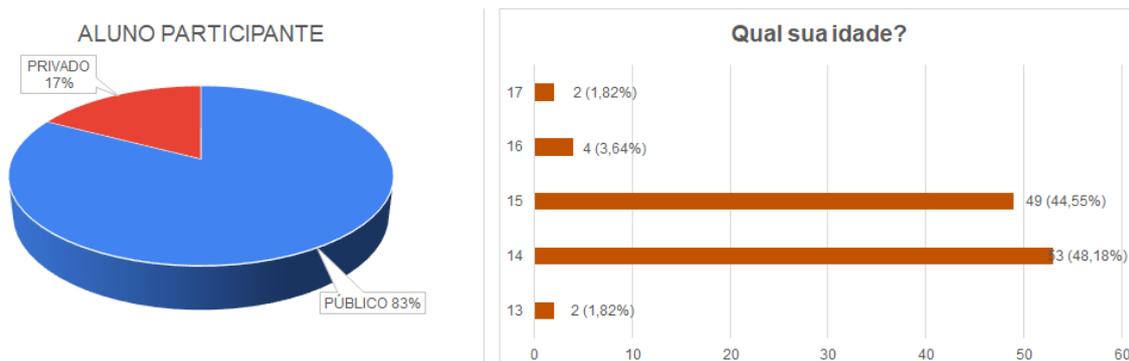
Escola	Quantidade de turmas de 9º ano da escola	Contingente de alunos pertencentes ao 9º ano	Quantidade de alunos-participantes	Rede
A	4	159	91	Pública
B	1	40	3	Privada
C	1	24	6	Privada
D	2	57	10	Privada

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

4.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO

Nesta seção apresentamos os dados coletados da pesquisa sobre Física das radiações e o comparativo das médias dos resultados para os recortes de classe, raça e gênero. Por fim, os resultados serão questão por questão. No fim da seção anterior discriminamos a origem escolar dos participantes da pesquisa; agora apresentamos os dados do perfil dos(as) alunos(as). No gráfico em pizza a seguir (Figura 18), está representada a participação do aluno-participante; já no gráfico em barra (à direita), é demonstrada a idade dos alunos em função da quantidade.

Figura 18: Porcentagem de alunos-participantes da escola pública e privada



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Para o questionamento sobre o gênero com que o aluno-participante se identificava, a maioria respondeu feminino com 59,1%; o masculino teve a sua parcela com 36,4%; houve ainda os que não se identificavam com os gêneros propostos (masculino/feminino), respondendo "Prefiro não dizer" com 4,5% da amostragem.

Quanto à cor de pele (autoidentificação), 66,4% se identificaram como negros(as) (49,1% pardos; 17,3% pretos); 25,5% se identificaram como brancos(as) e os demais 8,1% se viam como indígenas (6,4%), orientais, entre outros. O resultado também aponta que a amostra de alunos pertencentes ao 9º ano do Ensino Fundamental 92,7% nunca repetiram de ano, enquanto 7,3% cursavam pela segunda vez.

Sobre os resultados da autoidentificação, o livro *Introdução crítica à sociologia brasileira*, o autor Guerreiro Ramos (1995) expõe o “branco brasileiro” como aquele que pode (ou não) possuir uma pele cuja tonalidade se encontra no espectro do negro, embora o próprio indivíduo se exclua desse espectro, circunscrevendo-se como o produto de uma “apologética do colonizador português”. Por se manter fora do eixo central do capitalismo, cuja formação social contribui para a desvalorização, atrelar-se à pele do negro significa ligar-se ao tenebroso, ao degenerado e assim não se identifica, não encontra similitudes étnicas, ao contrário, liga-se ao arquétipo europeu. Busca mecanismos de disfarce e/ou distanciamento étnico a fim de (re)afirmar, a todo momento, a sua “brancura”. Esses mecanismos são uma forma de “protesto”, se atrelam a uma certa “origem enobrecedora [...] anéis, decoração de casa, constituição do nome, estilo linguístico” e tonalidade da pele (RAMOS, 1995, p. 215-236).

Apoiado sobre os ombros de Ramos, Almeida (2019, p. 167) explica sobre o tema:

[...] o branco periférico precisa a todo instante reafirmar a sua “branquitude” [...] pois sempre haverá um negro ou índio em sua linhagem para lhe impingir algum defeito [...] lembram-no que um dia ele, o branco, pode ser chamado de negro. Ou ainda pior: ser tratado como um negro.

Essa ponderação se assemelha à figura branca exterior; muda as condições estéticas do corpo, ascensão econômica e intelectual para estar no mesmo patamar da imputação do padrão branco. Isso nos ajuda a entender porque em uma escola da periferia do município do Rio de Janeiro, sob a esteira histórico-social, se apresenta uma porcentagem de 49% dos alunos identificados como “pardo”, já que a causa primária se localiza na ideologia; ou seja, quanto mais afastado da pele retinta, tanto mais privilégios.

Os alunos também foram inquiridos sobre a renda familiar. Surgiram expressivos resultados: 23,6% informaram que a renda familiar está entre 3 e 6 salários-mínimos; 46,4% responderam que a renda da família soma valores na faixa entre 1 a 3 salários; e 16,4% relataram possuir rendimentos de até 1 (um) salário-mínimo. Essas informações denotam que a maioria maciça da amostra populacional de estudantes, em 2019, do 9º ano do Ensino Fundamental pode ser direcionado à faixa da Classe E à Classe C, segundo a classificação do IBGE (ROSA, 2014). Dos 110 estudantes participantes, cerca de 95 é oriundo de classe média baixa (C) ou baixa (E); destes 79 vem de escolas públicas; 64 estudantes pertencem ao público feminino; 62 são considerados negro e destes 52 são pardos.

Questionamos também o nível de escolaridade dos pais/responsáveis. A grande parcela se encontra com o Ensino Médio completo; a parcela feminina (mãe) é maior que a masculina (pai); 38,2% e 36,4%, respectivamente; os números do Ensino Fundamental completo, somados ao Ensino Médio incompleto, foram 30% para o público das mães e 26,4% para os pais. Interpretamos essas informações como: a instrução dos responsáveis com o Ensino Médio implica na aquisição de capital cultural familiar; por sua vez isso compromete o sucesso escolar do estudante.

Uma das variáveis mais importantes pertence aos aspectos influenciadores do êxito escolar bem como na duração dos estudos (MEDEIROS, 2017); é o nível cultural transmitido pela família como herança. Baseado no pensamento de Bourdieu (2007), a

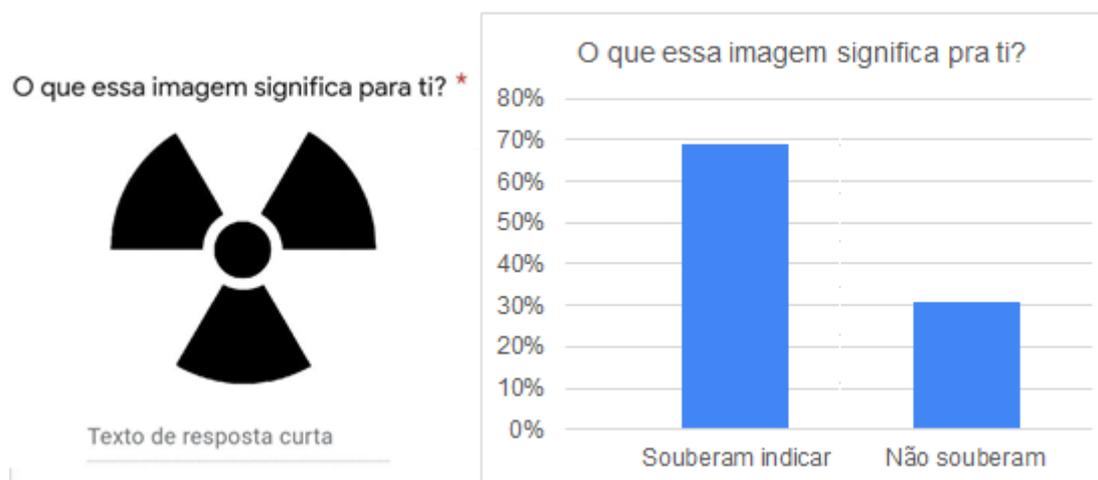
primeira linha de diferenciação ante o sistema escolar é a herança cultural; o capital cultural herdado é o *ethos* familiar.

As crianças oriundas dos meios mais favorecidos não devem ao seu meio somente os hábitos e treinamento diretamente utilizáveis nas tarefas escolares, e a vantagem mais importante não é aquela que retiram da ajuda direta que seus pais possam dar. Elas herdam também saberes [...] gostos e uma *savoir faire*, cuja rentabilidade escolar é tanto maior quanto mais frequentemente esses imponderáveis da atitude são atribuídos ao dom¹² (BOURDIEU, 2007, p. 45).

Em outra fase do questionário, denominada "questões gerais", o(a) aluno(a) encontrou uma questão aberta a respeito da sua capacidade de reconhecer o símbolo da imagem; em seguida, se deparou com perguntas dicotômicas. Sobre a identificação da imagem pictórica, os dados revelam que 69% dos participantes souberam indicar o significado do trifólio radioativo; 31% apresentaram confusão ao esclarecer o símbolo da pergunta. Dentre estes últimos, 13 participantes se equivocaram na leitura; 7 relacionaram à ideia de temeridade da radiação; 8 participantes não identificaram nenhum significado; e outros 6 pesquisados indicaram tratar-se de raio-X.

¹² Para Bourdieu (2007, p. 41-42), o "dom" é um conceito que designa um encobrimento de atributos, de capital cultural inculcado (em geral para melhores rendimentos) na primeira socialização, privilégio cultural que tornam os filhos de classes mais elevadas detentores de um certo *habitus* exigido pela escola ocultamente e legitimado por uma ação pedagógica de neutralidade que corrobora com a reprodução do insucesso escolar e a transmutação do "dom social" em "dom natural".

Figura 19: Resultado da questão aberta



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

As respostas para essa questão demonstram um cenário sobre o significado do “trifólio radioativo” fora do contexto científico. As respostas dos participantes da pesquisa revelaram desconhecimento, confusão subjacente e ainda um conhecimento escasso relacionado à área da Ciência e os seus símbolos. O esvaziamento de informação ligada à Ciência sede lugar a um conhecimento raso de mundo ou a um desconhecimento total. A seguir, alguns exemplos na Tabela 9.

Tabela 9: Respostas sobre o significado da imagem do trifólio radioativo

Respostas dos alunos a questão: O que essa imagem significa para você?	
A7: “Algo tóxico.”	A41: “Símbolo do Ben-10.”
A10: “Não sei.”	A56: “Um ventilador, ué?”
A17: “Não significa nada porque não sei o que é.”	A65: “Perigo, algo tóxico.”
A32: “Não sei.”	A87: “Raio-X.”
A36: “Algo tóxico, químico e radioativo.”	A110: “Elece de helicopitero.”

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

A Tabela 9 é um exemplo da conjuntura dos dados recolhidos pelo questionário: 31% dos participantes revelaram certa confusão ao responder sobre o símbolo da questão. Sobre essas respostas, afirmamos que: todos eram oriundos de escola pública; 67,6%, ou seja, 23 alunos se identificaram com o gênero feminino; 76,4% se identificaram como negro; quanto à filiação, 70,5% dos pais e 73,5% das mães possuem

escolaridade entre o Ensino Fundamental incompleto (minoria) e o Ensino Médio completo (maioria); 85,2%, ou seja, 29 alunos possuíam, no ano de 2019, uma renda familiar mensal que orbita entre um salário mínimo e de 3 a 6 salários mínimos, como informamos anteriormente, provenientes das classes E e C.

Essas considerações dizem muito sobre a relação da tessitura social e a escola (sistema de ensino). A família e a escola são duas instituições pertencentes ao mesmo processo. A escola como mecanismo de mobilidade social falha nesse propósito enquanto é bem-sucedida como reprodutora social; ou seja, reproduz a posição dos agentes na estrutura social (MENDES; SEIXAS, 2003).

Dois são os fatores cruciais na composição do espaço social e na composição da trajetória social: o volume de capital [especialmente, o econômico e cultural] e a composição relativa desse capital [dominante de capital econômico ou dominante de capital cultural] que designa as diferenças interclasses (MENDES; SEIXAS, 2003, p. 107).

Quando observamos atentamente os dados resultantes do questionário, podemos inferir que os 31% alunos possivelmente já estiveram a ponto de abandonar a escola após a conclusão do Ensino Fundamental para acessar, prematuramente, o mercado de trabalho. Ainda sobre esses últimos dados, salientamos que sete participantes relacionaram o símbolo do trifólio radioativo com a noção de perigo. Essas respostas confirmam descobertas anteriores (PLOTZ, 2017; SARINA *et al.*, 2003) sobre o "medo da radiação" como obstáculo. As leituras fornecem uma visão geral sobre as concepções radioativas. Em 1986, após o acidente de Chernobyl, na Ucrânia, o termo radiação nuclear foi sendo ratificado paralelamente ao acidente do Césio 137 em Goiânia, no ano de 1987 (GOIÁS, 2020). As crenças sobre radiação e radioatividade, anteriores à educação formal, e ligadas ao medo potencial da energia nuclear, podem estar vinculadas a concepções aprendidas pelos meios de comunicação de massa e interação com pais e/ou colegas. Buscamos saber ainda a relevância do conhecimento da radiação por meio de perguntas a respeito da radiação natural, se o corpo humano sofre o mesmo efeito exposto a tipos distintos de radiação e a diferença entre radiação ionizante e não ionizante.

Quanto ao questionamento, "Você já ouviu falar sobre radiação?", 95% dos respondentes disseram ter ouvido falar e 80% não sabiam a diferença entre radiação ionizante e não ionizante. Outros dados recolhidos: 70% não consideram que a radiação

usada no processo de radiografia seja (de fato) utilizada no funcionamento do micro-ondas, contudo 88% dos estudantes responderam que os efeitos de distintos tipos de radiações expostas sobre o corpo humano é o mesmo; por fim, 47% nunca ouviram falar sobre radioatividade natural.

Tabela 10: Conhecimento geral sobre os aspectos da radiação e radioatividade

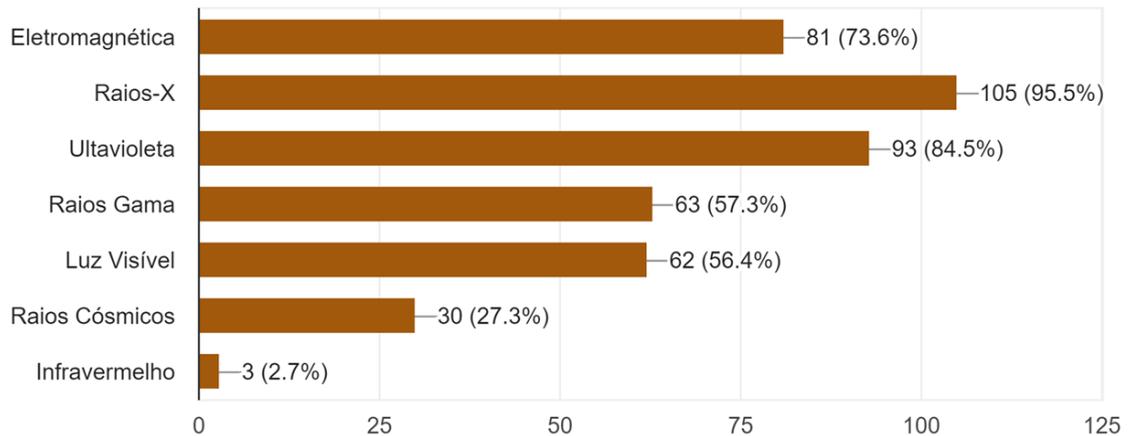
S/N	QUESTÕES
	Você já ouviu falar sobre radiação?
SIM	95,5% (105)
NÃO	4,5% (5)
	Todos os tipos de radiação produzem o mesmo efeito no corpo humano?
SIM	88,2% (97)
NÃO	11,8% (13)
	Você já ouviu falar em radioatividade natural?
SIM	52,7% (58)
NÃO	47,3% (52)
	Você sabe a diferença entre radiação ionizante e não ionizante?
SIM	20% (22)
NÃO	80% (88)
	O tipo de radiação usado na radiografia é o mesmo utilizado no micro-ondas?
SIM	30% (33)
NÃO	70% (77)

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Destacamos que as respostas fornecem uma representatividade acerca da compreensão dos estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Ouviram a respeito de radiação, porém quase metade dos participantes desconhecem a radiação natural, além da não distinção entre radiação do tipo ionizante e não ionizante: “os jovens apresentam pouca noção da natureza e as características da radiação” (FLORBELA; PERALTA, 2006, p. 140).

Sobre os tipos de radiação, o questionário solicitou que os estudantes selecionassem os tipos conhecidos de radiação. Na figura 20, os dados gerados estão destacados em um quadro (alta porcentagem) de identificação dos raios-X e do ultravioleta (UV) como tipos de radiação, assim como a eletromagnética (EM) (ondas de rádio, bluetooth, Wi-fi etc.). Esses resultados confirmam as descobertas anteriores, sobretudo de Florbela e Peralta (2006), mas em um ponto diferente de radiação EM.

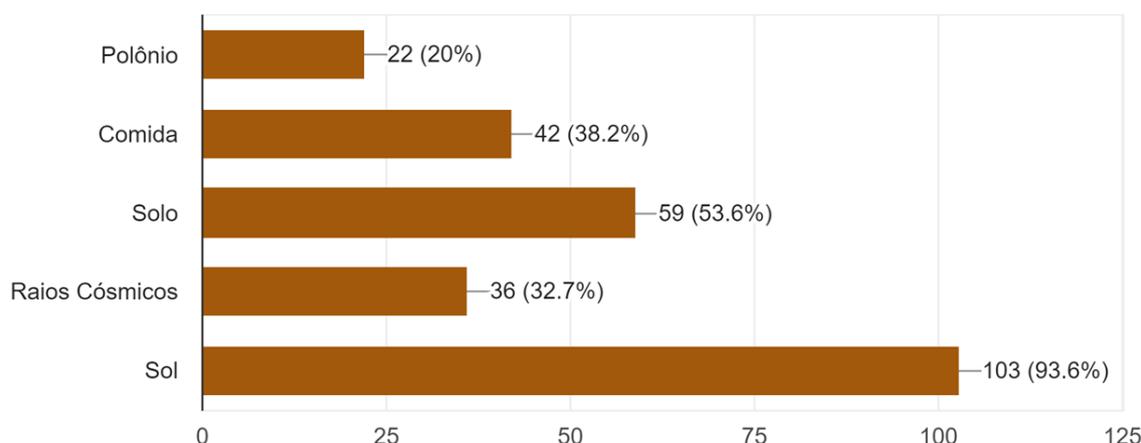
Figura 20: Resultado da seleção dos tipos conhecidos de radiação



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Sobre os expressivos valores de conhecimento acerca do UV, isso diz respeito à divulgação da mídia. A cidade do Rio de Janeiro, local da pesquisa, possui o seu lugar no inconsciente popular como a "Cidade do Verão" e "Rio 40°". A imprensa, sobretudo a televisiva, noticia diariamente as condições meteorológicas e, por conseguinte, as recomendações de proteção da radiação solar e o UV. Isso explica a impressão dos pesquisados sobre a radiação UV; o mesmo não ocorre com o infravermelho. O resultado é ínfimo para o conhecimento dos pesquisados, mesmo em uma das cidades mais quentes do país. De acordo com os resultados do questionário, e da popularidade dos raios gama entre os pesquisados, isso se deve pela contribuição indireta por parte de filmes de super-heróis, como o *Hulk*, por exemplo, cujo tema central são os raios gama (GOMES *et al.*, 2015; MIRANDA, 2019).

Figura 21: Resultado das fontes conhecidas de radiação



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

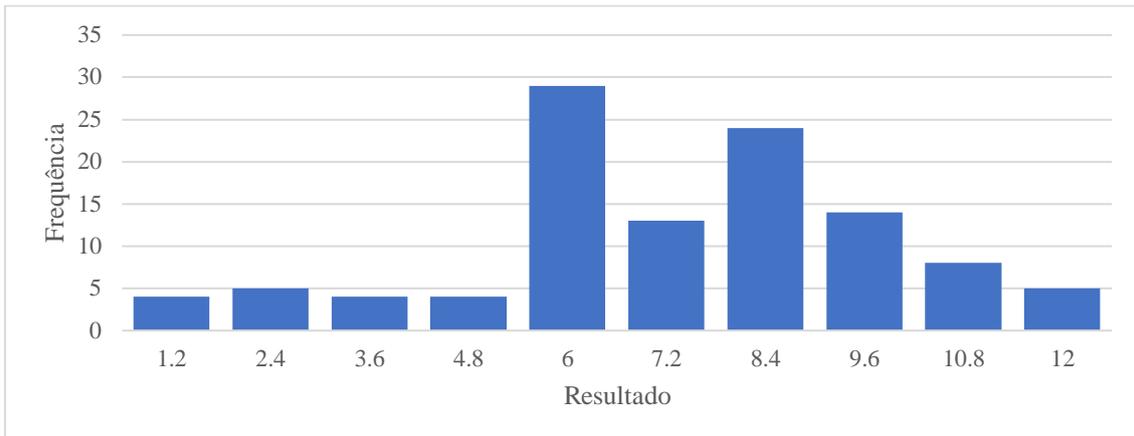
Sobre as fontes de radiação, o Sol é disparado a fonte radioativa mais conhecida; em contrapartida o Polônio é desconhecido entre os pesquisados ainda que a cientista Marie Curie tenha ganhado um prêmio Nobel pelo descobrimento. Essas informações são pouco consultadas ou estimuladas no meio escolar. Houve uma indicação forte do solo (~53%) como fonte, além da comida como uma outra fonte de radiação.

4.3.1 Recortes e comparações

Por meio do método de análise estatística (Capítulo 3), os recortes e comparações foram feitos com base na média dos resultados da parte 3, denominada “Tópicos relevantes sobre o tema”, do questionário de Física das radiações para alunos do 9º ano (Apêndice B) no interesse interseccional de classe, gênero e raça; essa seção é composta de 12 questões utilizando-se a Escala Likert, cuja temática versou sobre o conhecimento de tópicos relevantes para a aplicação das radiações em diversas áreas. Como foi tratado no capítulo 3, na seção 3.1.2 (“câmbio usado nas respostas do questionário: condição facilitadora da análise”) foi feita a mudança do resultado das questões que estavam na Escala Likert para uma pontuação convencional (tipo 0 e 1), com o objetivo dos alunos angariarem 12 pontos.

Montamos um histograma (Figura 22) como forma de representar a dispersão dos resultados da parte 3 do questionário para os estudantes-participantes. Assim, tomamos os resultados dos 110 participantes, extraímos sua média e desvio-padrão.

Figura 22: Histograma do resultado da parte 3 do questionário



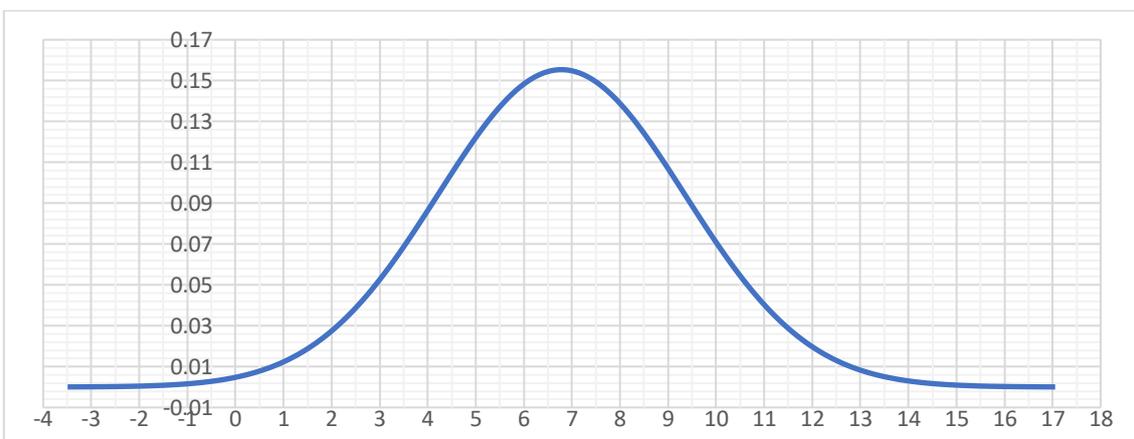
Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Os resultados foram reunidos em intervalos (classes) e, então, construímos o histograma com auxílio do editor de planilhas *Excel*©

Os dados foram reunidos em intervalos (classes) e, então, construímos o histograma com auxílio do editor de planilhas Excel. O programa nos fornece, como resultado a média 6,78 e o desvio-padrão 2,56.

Apresentamos também a curva da distribuição normal (Figura 23) que ajudar a revelar que o resultado da participação dos estudantes no questionário segue uma distribuição do tipo normal e, dessa forma, a distribuição serve como apoio para inferências.

Figura 23: Distribuição normal dos resultados dos estudantes-participantes



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Círculo Menor – Escola Pública

Intitulamos “Círculo Menor” a setorização da análise em que os recortes racial e de gênero levaram em consideração apenas os dados dos estudantes oriundos da escola pública e da privada em separado. Para tanto, os dados foram reunidos na Tabela 11 que concentra as médias amostrais, desvios-padrão, quantidade e o resultado para o teste estatístico observado (t_{obs}). Os recortes feitos para as escolas passaram pela análise do método de teste de diferença entre as médias, o teste *t-Student*, em que o nível de significância (α) foi de 5% e que, inicialmente, deve ser suposto que a diferença entre as médias a serem comparadas seja igual a zero (hipótese nula – h_0).

Tabela 11: Dados do círculo menor: resultado do teste nas escolas

ESCOLA	CATEGORIA		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	QUANT.	TESTE ESTATÍSTICO t_{obs}
PÚBLICA	GÊNERO	MASC.	6,82	2,14	28	1,14
		FEMIN.	6,13	2,78	58	
	RACIAL	NEGR.	6,36	2,46	66	-0,16
		BRAN	6,46	2,59	22	
PRIVADA	GÊNERO	MASC.	10,25	1,86	12	1,47
		FEMIN.	9	1,63	7	
	RACIAL	NEGR.	9,42	1,98	7	1,33
		BRAN	7,83	2,31	6	

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

O trato estatístico exigido pelo teste *t-Student* indicou que a hipótese nula h_0 não pode ser rejeitada nos casos dos recortes racial e de gênero feitos para as escolas públicas e privadas ao nível de significância de 5%. O $t_{crítico}$ para os parâmetros estabelecidos no comparativo das escolas públicas têm o valor de $t_{crítico} = 1,98$ para os dois recortes. Já para a escola particular encontramos, no que tange o recorte racial, um $t_{crítico} = 2,20$ e, na situação do recorte de gênero, um $t_{crítico} = 2,11$.

Círculo Maior – Classe – Gênero – Raça

O termo "Círculo Maior" foi designado para o comparativo entre os dados coletados nas escolas pública e privadas. Essa coleção de informações serviu para a análise interna de cada escola, denominada "Círculo Menor"; retomaremos neste momento, alguns aspectos em um contexto mais amplo para verificação, como a comparação analítica das médias amostrais dos grupos na estrutura do círculo. Os dados coletados na escola pública e privada foram comparados sob as categorias de classe, gênero e raça. Iniciaremos pela **categoria Classe**, isto é, uma comparação simples e direta da média resultante do questionário sobre Física das radiações realizada pelos participantes oriundos do ensino público e privado.

Tabela 12: Dados do círculo maior – categoria Classe

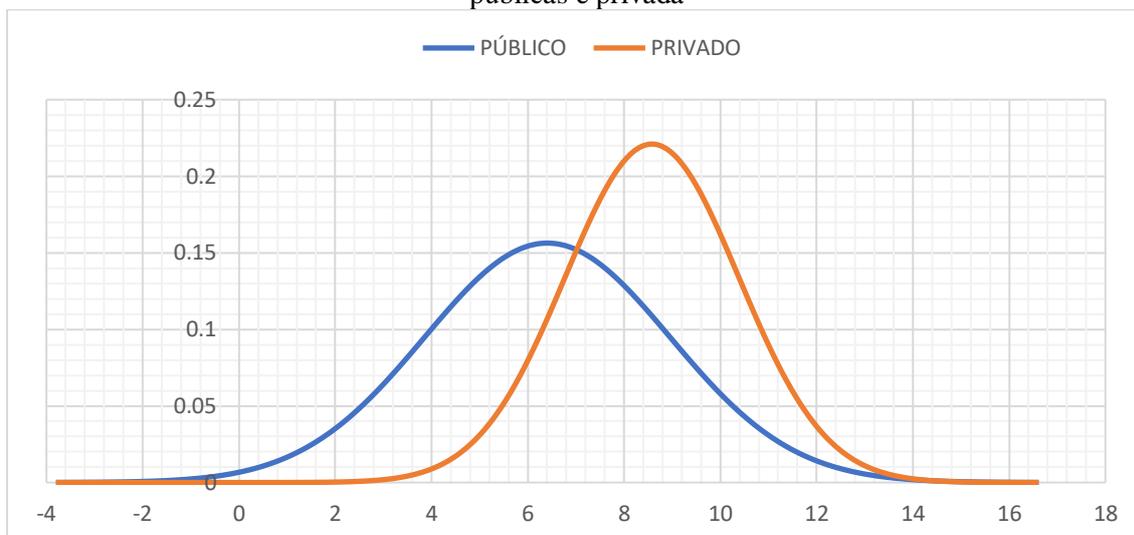
TESTE ESTATÍSTICO – CÍRUCLO MAIOR					
ORDEM	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	QUANT.	COMPAR.	TESTE ESTATÍSTICO t_{obs}
G ₁ – PÚBL.	6,40	2,55	91	G ₁ - G ₂	-3,52
G ₂ – PRIV.	8,57	1,80	19		

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

O resultado do teste do comparativo entre as médias de alunos de escola pública e privada, provenientes da apuração da parte 3 do questionário sobre Física das radiações, aponta a rejeição da hipótese nula (h_0) que aborda a igualdade das médias. O item investigado passou pela análise do teste t de *Student* e indicou que a hipótese nula foi rejeitada com 95% de confiabilidade porque o valor para o teste ($t_{obs} = -3,52$) constatou uma discrepância em relação do $t_{critico} = 1,98$.

A esparsa diferença entre as populações do recorte de Classe também está ligada a aspectos estereotipados relacionados aos alunos do ensino privado em detrimento do público. Se associarmos que o primeiro possua rendimentos superiores ao último, uma vez que a estrutura social e o aporte oferecido promovem um desempenho escolar de elevada performance.

Figura 24: Gráfico da curva normal para o comparativo G₁ - G₂ do desempenho das escolas públicas e privada



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Na sequência, abordaremos para a categoria Gênero. Para organizar esse recorte selecionamos os alunos que se identificaram com as opções de gêneros “masculino e feminino” no universo dos participantes.

Tabela 13: Dados do círculo maior – categoria: gênero

ORDEM	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	QUANT.	COMPAR.	TESTE ESTATÍSTICO t_{obs}
G ₃ – MASC.	7,32	2,15	40	G ₃ - G ₄	4,89
G ₄ – FEM.	5	2,48	65		

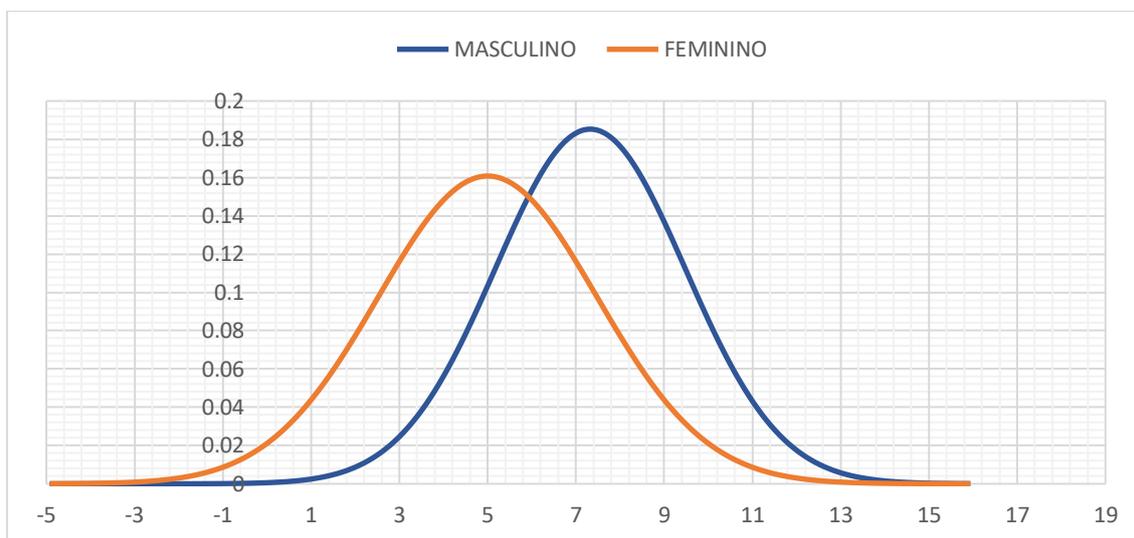
Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

De acordo com a Tabela 13, a comparação (G₃ - G₄) checa se há diferença entre o resultado do questionário de alunos que se identificam com o gênero masculino e com o gênero feminino.

Em decorrência do resultado na Tabela 13, concluímos que há diferença entre as médias. Os itens passaram pela análise do teste *t-Student* e a hipótese nula (h_0) foi rejeitada com 5% de significância. Em outras palavras, as médias resultantes do mesmo questionário realizado por alunos autoidentificados por gênero (masculinos e femininos)

possuem diferenças estatísticas significativas. Os dados adquiridos do teste estatístico, $t_{obs} = 4,89$ são superiores em relação ao $t_{crítico} = 1,98$ apresentado para um $gl = 103$

Figura 25: Gráfico da curva normal para o comparativo $G_3 - G_4$ do desempenho dos estudantes autoidentificados como masculino e feminino.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

As pesquisas de Desy et al. (2011), Hyde e Linn (2009), Linn (1989), LeGrand (2013) e Nissen (2011), Banckes e Heendts (2019) corroboram para a discussão da diferença de gênero que emerge das áreas ligadas à Ciência, assim como fornecem uma base para inferências sobre o resultado desenvolvido neste estudo. A atitude em relação à Ciência difere entre gêneros. Essa diferença de atitude com base no gênero se reflete no desempenho para a área científica. Embora meninos e meninas possuam características psicológicas e habilidades cognitivas semelhantes, a literatura norteia que a diferença de atitude em relação às Ciências possui variáveis. Desy et al. (2011), por exemplo, indica que meninas relatam menor motivação e prazer para a Ciência, além de um nível maior de ansiedade em comparação aos meninos.

Um outro ponto é o termo "autoeficácia" (do inglês *self-efficacy*). A autoeficácia é a crença na capacidade de um indivíduo de ter sucesso em uma determinada tarefa ou domínio. Ele é um constructo importante na teoria cognitiva social mais ampla. Busca explicar as decisões e comportamentos dos indivíduos com base na percepção de sucesso potencial em uma tarefa ou área; isto é, o sujeito aprende por meio de experiências (empirismo) e observa as ações dos outros e os frutos resultantes dessas

ações. O aumento da autoeficácia melhora o desempenho cognitivo e o resultado acadêmico (NISSEN, 2019), contudo a falta de experiências educacionais prévias na Ciência afeta a atuação em testes de aptidão e desempenho.

As condições ambientais abrangem um número de fatores sociais, que criam restrições ou facilidades sobre a oportunidade do indivíduo. O senso comum atribui habilidades em matemática e ciências físicas ao gênero masculino (LEGRAND, 2019; STEELER, 1997); ou seja, é socialmente creditado ao homem as habilidades mais destacadas nestas áreas. Os papéis sociais aparecem prematuramente. Desde o nascimento, as crianças recebem indumentárias, diferentes brinquedos e atividades de acordo com o gênero. Experiências pré-escolares e ambientes de aprendizado indicam, no desenvolvimento do indivíduo, a instrumentalização daquilo que é de domínio de gênero ("*isso é de menina aquilo é de menino*"); as crianças percebem estereótipos desde cedo, o que influenciará as escolhas futuras. A escolha da profissão também recebe influência dos laços familiares; isso implica na escolha de carreiras socialmente aceitas como femininas ou masculinas (BANCKES; HEENDTS, 2019). Bian, Cimpian e Leslie (2017) afirmam que desde tenra idade, crianças e jovens estão expostas a ideias desencorajantes em vários âmbitos, de forma repetida, sendo um aliado da estereotipação que afasta do STEM, especialmente, o público feminino. Os resultados obtidos nesta pesquisa, sugerem o apontamento de argumentos expressados anteriormente para explicar a diferença entre os comparativos no recorte de gênero.

Por fim, chegamos à análise dos dados relativos à categoria Racial. É o resultado médio entre estudantes brancos e negros ($G_5 - G_6$), sem que a origem escolar seja levada em conta.

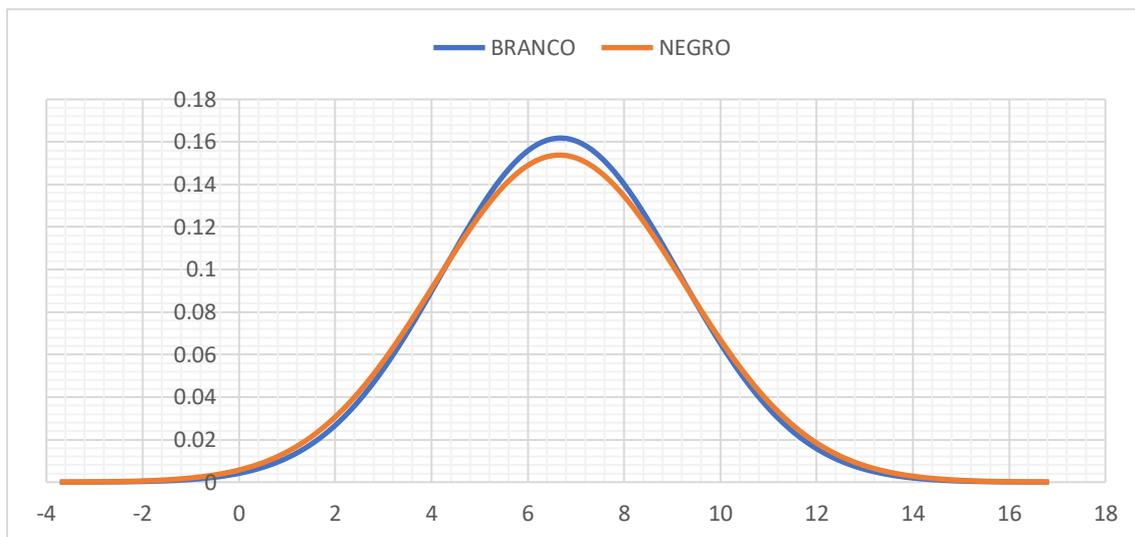
Tabela 14: Dados do círculo maior: categoria identificação racial

ORDEM	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	QUANT.	COMPAR.	TESTE ESTATÍSTICO t_{obs}
G_5 - BRANCOS	6,67	2,46	28	$G_5 - G_6$	0,036
G_6 - NEGROS	6,65	2,59	73		

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Na categoria racial, o teste para esse conjunto de dados indicou que a hipótese nula não pode ser rejeitada. Ou seja, o resultado encontrado para o $t_{obs} = 0,036$ ficou aquém do estabelecido para o $t_{crítico} = 1,98$ na condição do grau de liberdade ($gl = 101$). embora o resultado para o grupo de estudantes autoatribuídos como brancos seja maior. Chamamos atenção para a discrepância dos participantes em cada grupo. A quantidade de participantes do G_6 – grupo dos alunos negros – é maior 2,5 vezes que dos brancos e, ainda assim, o desempenho não se mostrou estatisticamente diferente.

Figura 26: Gráfico da curva normal para o comparativo G₅ - G₆ do desempenho dos estudantes autoidentificados como brancos e negros.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Ao considerarmos os resultados apresentados para os recortes de gênero, classe e raça realizado no grupo do “Círculo maior” aliado as informações da localização geográfica das escolas, salientamos que o diálogo e o entrecruzamento dos dados indicam que o aluno pertencente da escola pública, oriundo de uma classe menos abastada, autoidentificado como gênero feminino, e morador de regiões desprivilegiadas de equipamentos culturais, exibem desempenhos inferiores a outros que não vivenciam esse cenário. As condições sociais, e por conseguinte as várias formas de discriminação, se imbricam e refletem as barreiras que determinam desigualdades nos sujeitos sociais, proporcionando sofrimento pela opressão e pela dominação social, o que dificulta o aprendizado e a possibilidade de desempenho escolar satisfatório.

4.4 SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM: PROPOSTA DIDÁTICA DE TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Sob o formato de uma abordagem sequencial, a proposta didática de Três Momentos Didáticos amparados nas proposições de Delizoicov (ARAÚJO; MÜENCHEN, 2018), Angotti e Pernambuco (BONFIM *et al.*, 2018) foi incorporada à proposta de ensino-aprendizagem de noções de Física das radiações. A sequência foi ministrada em condições de equidade de conteúdo, uma vez que a sociabilização do conhecimento se destina a dirimir e minimizar a defasagem que existe em relação ao conteúdo para alunos de classes sociais distintas. Além disso, os instrumentos utilizados com alunos pertencentes a uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental da escola municipal da rede pública (Escola A) estavam em semelhantes condições. Optou-se pelo uso do recurso didático disponível pela instituição, como projetor multimídia (*datashow*) e notebook. Como forma de garantir o dinamismo da intervenção, criamos e utilizamos uma apresentação em powerpoint (*ppt*) com um quantitativo de slides cujo conteúdo se organizava de maneira sequencial e sistemática, especialmente voltado para o momento de organização do conhecimento.

1º Momento Pedagógico: problematização inicial (1º encontro)

Depois das apresentações formais, da justificativa, apresentação da proposta e convite, sem deixar de mencionar que a participação é voluntária, iniciou-se a intervenção através da pergunta do quantitativos de alunos possuíam "celular"/*smartphone*. Em seguida, foi lançado outro questionamento, agora dentre esses, quem possuía conexão com a *internet*. Então, foi solicitado que estes alunos (participantes voluntários) apontassem com as câmeras dos seus celulares para o *QR code* projetado. Para os demais que não possuíam tais requisitos, as questões foram projetadas e solicitou-se a respostas em uma folha separada.

Figura 27: Questionário sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre radiações



The image shows a digital questionnaire interface. On the left, there is a black speech bubble with the text "SCAN ME" in white, pointing to a large QR code. To the right of the QR code is a decorative header featuring several rolled-up diplomas tied with red ribbons and a black graduation cap. Below the header, the questionnaire is titled "Perfilação do aluno". It contains two questions: "Qual sua idade?" with a text input field labeled "Sua resposta", and "Com qual gênero você se identifica?" with three radio button options: "Feminino", "Masculino", and "Prefiro não dizer".

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Tendo registrado os dados decorrentes das perguntas, passamos para a parte da metodologia cujo propósito foi prospectar o conhecimento do alunado sobre a Física das radiações. Esta nova fase consistiu no levantamento de questões temáticas sobre as fontes e tipos de radiação conhecidas, relações com o cotidiano e aplicações dos diversos tipos de radiação (e radioatividade). Os alunos se agrupados conforme escolha individual, com a ressalva de manter três indivíduos por grupo. Dessa maneira, formou-se sete grupos em um total de 21 alunos.

Na parede ao lado do quadro, projetamos o nome das fontes de radiação (presentes no questionário), iniciando-se a intervenção. Com o intuito de servir como elemento provocador, lançamos um questionamento sobre o Polônio e o conhecimento relativo às fontes de radiação. [Grupo 3] A3: “Solo! Porque ele tem alguns metais como urânio [...] rico em radiação.” (informação verbal)¹³

Ao avançarmos para a segunda parte do questionário, cuja proposta de discussão se deu a partir do reconhecimento de imagens e o posicionamento de uma afirmação para cada grupo. A passagem pelos grupos, com a intenção de inventariamos o quanto atribuíam significado na imagem do "trifólio de radiação", resultou em algumas indicações características.

¹³ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

[Grupo 1]: Mais ou menos!
[Grupo 4] **A1**: É aquilo lá que fica aquele "bagulhinho" amarelo, assim, no espelho.
[Grupo 5] **A3**: Tá sinalizado radiação, né?
[Grupo 7] **A2**: Radiação!?! (informação verbal)¹⁴

Quanto ao grupo 3, lançamos uma questão para saber o posicionamento dos integrantes: “A radiação é usada na indústria, na medicina, na agricultura e na produção de energia.”

[Grupo 3] **A2**: Sim!
A1: Que tipo de radiação?
Pesquisador: Pensem, conversem! Daqui a pouco a gente discute, hien? (informação verbal)¹⁵

Sobre o Brasil possuir usinas de energia nuclear, obtivemos a seguinte discussão: [Grupo 5] **A3**: “Não! Hidroelétrica! Angra 1 e Angra 2!” (informação verbal).¹⁶ Para o grupo 6, propusemos uma questão de natureza distinta das anteriores, como a exposição contínua a vários tipos de radiação. Após as manifestações iniciais, convocamos os grupos para uma discussão coletiva sobre as afirmações individuais.

Pesquisador: Vou pedir um pouco da sua atenção para este momento! [...] Lancei esse questionamento para algumas pessoas nos grupos. Agora, pergunto a todos e gostaria que vocês falassem. A afirmação é: o Brasil possui usina de energia nuclear. (informação verbal)¹⁷

Um aluno se manifesta com um sonoro "não"; alguns alunos respondem que não possui. A outra parcela de alunos, que compreende a existência da energia nuclear, expressam com intensidade: “Tem! Tem!”. [Grupo 5] **A3**: “Tem! É Angra I e Angra II. É a hidrelétrica!” (informação verbal)¹⁸

Neste ponto, há uma confusão entre usinas termonucleares e hidrelétricas. Os alunos discutem se o Brasil possui uma usina termonuclear, a localização e o nome. Embora tenham surgido respostas positivas sobre a usina de energia termonuclear brasileira, também houve espaço para dúvidas.

Pesquisador: As pessoas, de forma contínua, estão expostas a vários tipos de radiação.
[Grupo 6] **A1**: Sim!
[Grupo 2] **A3**: Radiação solar! (informação verbal)¹⁹

¹⁴ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

¹⁵ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

¹⁶ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

¹⁷ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

¹⁸ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

¹⁹ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Alunos dos grupos 6 e 2 foram os que mais se expressaram nessa discussão. A partir daí, os alunos travam um debate sobre os vários tipos de radiação.

Pesquisador: A radiação pode ser usada na medicina, agricultura, na indústria e na produção de energia.

[Grupo 7] A2: Sim!

[Grupo 4] A1: Não!

A maioria falante opta por apoiar a tese em concordância com a afirmação em um leve bramir de "concorda".

[Grupo 3] A1: Concordo!

[Grupo 4] A2: Discordo!

Pesquisador: Por quê?

[Grupo 4] A2: Porque eu acho que a gente não precisa de tanto de radiação assim.

Pesquisador: Mais um só?

[Grupo 5] A3: Depende!

Pesquisador: Oi?

[Grupo 5] A3: Depende da radiação que a gente vai utilizar! Porque tem vários tipos de radiação, então, se a gente usa a radiação que todo mundo conhece não vai ajudar em muitas coisas. Mas como energia, ela pode se "uja"...pode ser ajudada...ela pode ser usada [quero dizer!]. "Radiação normal" [sic], não! "Radiação normal" só pode ser usada em áreas (gaguejo)...áreas de energia.

Pesquisador: Desculpa fazer uma pergunta; O que é a "radiação normal"?

[Grupo 5] A3: Tipo assim...num tem o documento que falaram que...já...foi...Nossa! Me esqueci! Tem um filme aí que fala que explodiu uma usina aí e ficou passando radiação pra um monte de lugares, num era? Num tem um documento assim?

Pesquisador: Documentário!

[Grupo 5] A3: Então, a radiação "normal" sem ser a radiação gama, raio solar ou outras coisas...radiação que polui.

Pesquisador: O que não é isso, o que não é "radiação que polui" é uma radiação "normal".

[Grupo 5] A3: Sim! Não pode ser usada, mas "tipo assim", para a agricultura? Não! Ela não vai "podê" ser usada. Medicina "normal", sem objetos.

Pesquisador: Tipo, pessoa? Não?

[Grupo 5] A3: Sim!

Pesquisador: Entendi!

[Grupo 5] A3: Depende de que tipo de radiação que a gente vai usar. Porque se eu "ti dar" uma radiação que poderia "poluir" as pessoas não vai ajudar em nada.

Pesquisador: Ok! (informação verbal)²⁰

Quando chegamos à fase sobre as fontes de radiação, os alunos foram questionados sobre o reconhecimento de alguns dos nomes apresentados como uma fonte de radiação.

²⁰ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Pesquisador: Vamos começar por aqui. Galerinha [grupo 7] desse primeiro grupo.
[Grupo 7] **A2:** Comida, solo e Sol.
[Grupo 6] **A1:** Solo, Comida, Raios Cósmicos e Sol.
Pesquisador: Vocês [grupo 3]!
[Grupo 3] Todos!
Pesquisador: Todos?
[Grupo 3] **A3:** Não, pera!
Pesquisador: Opa! Veja aí!
[Grupo 3] **A2:** Nunca vi nenhum desses!
Pesquisador: Pessoal do grupo 2!
[Grupo 2]: Comida, solo e Sol.
Pesquisador: Galera [grupo 5] aí de trás. Quais vocês reconhecem como fonte de radiação?
[Grupo 5] **A3:** Comida, sol e solo (informação verbal)²¹

Percepções do 1º momento – 1º encontro

A arquitetura da sala de aula e a acústica ampliaram as dificuldades de interação verbal do pesquisador com o aluno. A reverberação do som atrapalhou. Em especial o eco, que criou muito ruído na comunicação. Outro ponto que destacamos está no *delay* da interação. Há uma certa resistência ao falar. Não saberia apontar o real motivo; faltam dados. Contudo, é válido tecer algumas possibilidades. Início pela falta de estímulo quanto ao diálogo, à pergunta, ao comentário, à opinião sobre Ciências. Acreditamos que a condução das aulas seja realizada pelo método tradicional (“depositário”), ou seja, o estudante é passivo (coadjuvante) no processo de aprendizagem.

Um ponto é a dinâmica de afetos na sala de aula. O aprendizado se vincula à "vontade de aprender" do aluno, que por sua vez perpassa as relações (e oscilações) afetivas trazidas ou construídas na sala de aula. Para Spinoza (AZEVEDO, 2017) o aprendizado é a elevação para um estágio mais energético do próprio ser; quando isso é interrompido pela potência do outro, pelas relações que os indivíduos têm com outrem e com o mundo, o aprendizado não é alcançado de forma eficaz. Isso resulta na perda de potência, tristeza, frustração e desânimo, e uma série de componentes do desagrado afetivo, seja para o professor ou aluno. Por fim, existe um comportamento social subjacente àquela que a escola espera e cobra dos alunos (FREITAS, 2009). Em outras palavras, a socialização não vem eco na família, estrutura primordial que instrui a partir de certas disposições: o *habitus* primário.

²¹ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Conforme já conceituamos, o *habitus* é fruto de uma forma determinada de condicionamento objetivo de existência; o futuro objetivo e coletivo define a situação classista. Destarte, o sistema escolar possui um nível de seletividade ocultada e encoberta com o subterfúgio da legitimidade da ação pedagógica sob o manto da neutralidade; requer dos estudantes certas disposições necessárias, como disciplina, autocontrole, concentração para a dedicação aos estudos, o que é mais encontrado em indivíduos oriundos da classe dominante. Uma situação de execução próxima do sucesso escolar (alunos comportados, atentos, interativo, concentrados e afins) seria uma convergência entre o *habitus* primário, auferido por meio da sociabilização familiar do estudante, e o *habitus* secundário ou escolar, exigido (de forma velada) pela escola.

1º Momento Pedagógico: problematização inicial (2º encontro)

O contexto do segundo encontro celebra o contato dos alunos com a proposta didática que incorpora o primeiro momento pedagógico. Foi realizada uma abordagem experimental, ou seja, uma problematização inicial. Por um lado, o confronto com a atividade experimental seguiu um modelo de questionamento. Por outro lado, o professor instigou as expressões conceituais e as argumentações a fim de garantir que os alunos estivessem confortáveis para exprimir as concepções pessoais sobre as características das radiações.

Os alunos se depararam com uma experiência simples encenada em três atos a respeito de algumas características do fenômeno da radiação e radioatividade. A questão "O que seria o aparelho de traços marcadamente amarelos em cima da carteira?" Algumas respostas foram próximas da formal uma vez que é visível, no aparelho, o símbolo da radioatividade.

A1: Não sei! [...] É de radiação? da radioatividade?

Pesquisador: Como assim? Reformule!

A1: Tipo assim, que mostra a radioatividade.

Pesquisador: Legal! Tá no caminho certo. (informação verbal)²²

²² Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Figura 28: Contador Geiger



Fonte: Acervo do autor-pesquisador

Em seguida, de maneira formal, explicamos a respeito do contador Geiger como uma ferramenta de mediação. Solicitamos aos alunos que identificassem, com o auxílio do contador Geiger, qual dos recipientes (potinhos) seria a fonte de radiação.

A2: Primeiramente a gente diminui, depois a gente vê. Testa cada pontinho.

Pesquisador: O que vocês estão fazendo agora?

A2: Vamos ver cada radiação que eles têm (potinhos)

Pesquisador: Ah entendi! Tenta contar um minuto...faz um minuto com cada um e aí você “vê” a diferença.

[...]

Pesquisador: Então, conclusões?

A3: Esse aqui (pote) tem mais, né?

Pesquisador: Não! Eles possuem a mesma quantidade.

[...] Então, o que vocês me falam sobre isso? Lembra o que era pra fazer? É para verificar quais desses potes é contém material radioativo (ou seja, que emite radiação) e faz alterar os valores do aparelho.

A4: Esse aqui com os “*bagulho*” preto.

Pesquisador: Qual ou quais desses materiais é ou são? Separem eles. (informação verbal)²³

²³ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Com o auxílio do medidor, os participantes verificaram a diferença dos valores de radiação entre os potes fornecidos.

Figura 29: Recipientes para as atividades investigativas



À esquerda, potes com areia simples; à direita, areia monazítica.
Fonte: Acervo do autor-pesquisador

Houve uma breve discussão sobre o funcionamento do contador, no que diz respeito ao tipo de radiação captado. Lâmpada incandescente, lanterna de celular, controle do ar-condicionado e pote radioativo; somente algumas radiações são captadas como maneira de sensibilizar a detecção do aparelho. Neste ínterim, foi comentado sobre a radiação natural, além da compreensão da existência, por conseguinte a detecção da radiação cósmica de fundo medida pelo contador. Em seguida, os participantes foram reagrupados em torno do experimento, momento de passagem para a segunda atividade: Experimento que orbita os conceitos de “irradiado e contaminado”.

A1: Por que da maçã?

Pesquisador: A maçã é um material qualquer...um alimento. A pergunta é: Um alimento...a maçã na presença de um material radioativo ele fica contaminado ou irradiado?

A2: Irradiado!

A3: Contaminado. Contaminado.

A4: Ele falou irradiado? É lógico! Material de radiação, ele ficará contaminado.

Pesquisador: Vamos investigar a diferença entre irradiado e contaminado.

Os participantes separaram o pote com areia radioativa, abriram o pote de areia comum e tocaram a areia.

Pesquisador: Se aproximem, com as pontas dos dedos, da lâmpada [incandescente]

A2: É para se aproximar ou para encostar?

Pesquisador: Se aproximar.

Pesquisador: O que se pode tirar disso? Quais pensamentos... o que se pode concluir disso? Como é que estava a lâmpada?

Grupo de alunos: Ligada!... Quente!

Pesquisador: Precisaram tocar para saber que estava quente?

Grupo de alunos: Não! [uníssonos]

Pesquisador: Agora, quando vocês tocam no pote de areia ...Como sua mão fica?

A3: Toco e não "dá" em nada.

Pesquisador: Mas como fica a sua mão?

A3: Suja!

Pesquisador: Sujo ou...

A3: Contaminada!

Pesquisador: Mas aqui? [pote fechado com areia radioativa]

Grupo de alunos: Irradiado!

Pesquisador: Então, me ajudem a entender... a lâmpada aqui além de brilhar, emite...

A1: Calor, professor! E nem precisa tocar!

A2: A gente não precisa tocar no Sol pra ficar com marquinha. (informação verbal)²⁴

²⁴ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

Figura 30: Distinção entre irradiação e contaminação



Fonte: Acervo do autor-pesquisador

Discutimos sobre a indústria alimentícia utilizar-se da radiação para esterilizar o alimento para a conservação. Fizemos uma atividade sobre a característica da distância, isto é, o fator de distância da fonte influencia na quantidade da radiação recebida.

Pesquisador: Vamos contar um minuto, depois de um minuto... um minuto é muita coisa, trinta segundos; vou pedir para vocês darem um passo para trás [distanciando-se da fonte de radiação], certo?

A2: Certo!

Pesquisador: O que vocês podem concluir com isso? O que vocês puderam perceber nesta brincadeira de ir e vir?

A1: Nada!

Pesquisador: Nada? Diga-me o que mudou?

A2: Distância!

Pesquisador: A distância influencia em alguma coisa?

A2: O número aumenta [no Geiger]! Porque quando o senhor mandou andar para frente [no sentido da fonte], os números aumentaram!

A4: E começou a abaixar...

A3: É! Também, indo para trás diminuiu, não foi pra zero, por causa daquele "negócio cósmico" que o senhor falou.

Pesquisador: Radiação cósmica de fundo. Então, a distância...se vocês estiver perto.

Grupo de alunos: Influencia!

Pesquisador: E quanto a radiação? É mais, menos, é a mesma?

Grupo de alunos: Mais radiação se perto. Se estiver longe é menos. (informação verbal)²⁵

2º Momento Pedagógico: problematização inicial (3º encontro)

A apresentação com o recurso de slides serviu para reunir os conceitos, a visualização de modelos e imagens. Essa fase reuniu os alunos na biblioteca da escola. O professor mediou a aprendizagem dos participantes à medida que explicou e estimulou o diálogo e as argumentações quanto às respostas, assim com a fundamentação conceitual sobre as considerações dos estudantes.

Pesquisador: Mas antes de tudo. Vocês lembram... o significado disso? [imagem do trifólio radioativo].

A1: Ah, esqueci!

Pesquisador: Mas lança uma ideia! Vamos lá! "Sem medo de ser feliz!" (informação verbal)²⁶

Após burburinhos, os participantes respondem um acanhado: radiação! Finalmente foi possível captar respostas mais audíveis.

A1: Fonte de energia.

Pesquisador: Fonte de energia? Vamos ser mais apurado!

A2: Possui radiação?

Pesquisador: Fala aí! Sem medo de julgamento! Fonte de radiação? Mais o quê? Vamos lá, vamos explorar. Sem medo! Vamos lá! Sem medo! sem julgamento! Se você encontrasse isso em algum lugar, numa casa, numa caixa, num carro... Você teria medo?

Grupo de alunos: Sim! Eu tenho! Claro! É óbvio!

Pesquisador: Mas óbvio por quê? O que isso te indica?

A3: Que tem radiação?

Pesquisador: Que tem radiação? Que pode ser perigoso? Então, se esse símbolo "tiver num" material, ele te indica alguma coisa relativa à...

A3: Radiação!

Pesquisador: ou a...

A3: Radioatividade! (informação verbal)²⁷

Depois desse momento, esclarecemos as definições formais sobre a radiação e apresentadas as classificações das radiações (ondulatória e corpuscular) por meio de

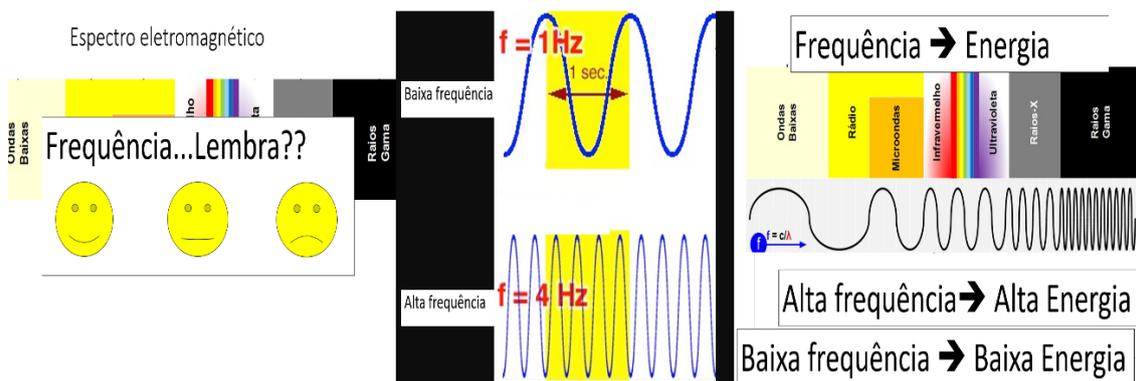
²⁵ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

²⁶ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

²⁷ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

imagens, gifs e a rememoração do modelo atômico, do surgimento de uma onda eletromagnética a partir da oscilação eletrônica, o conceito de frequência como característica ondulatória, o conhecimento e a visualização do espectro eletromagnético, da relação entre frequência e energia e a sua conceituação, que é a base para explicar os fenômenos nos domínios da Física Moderna.

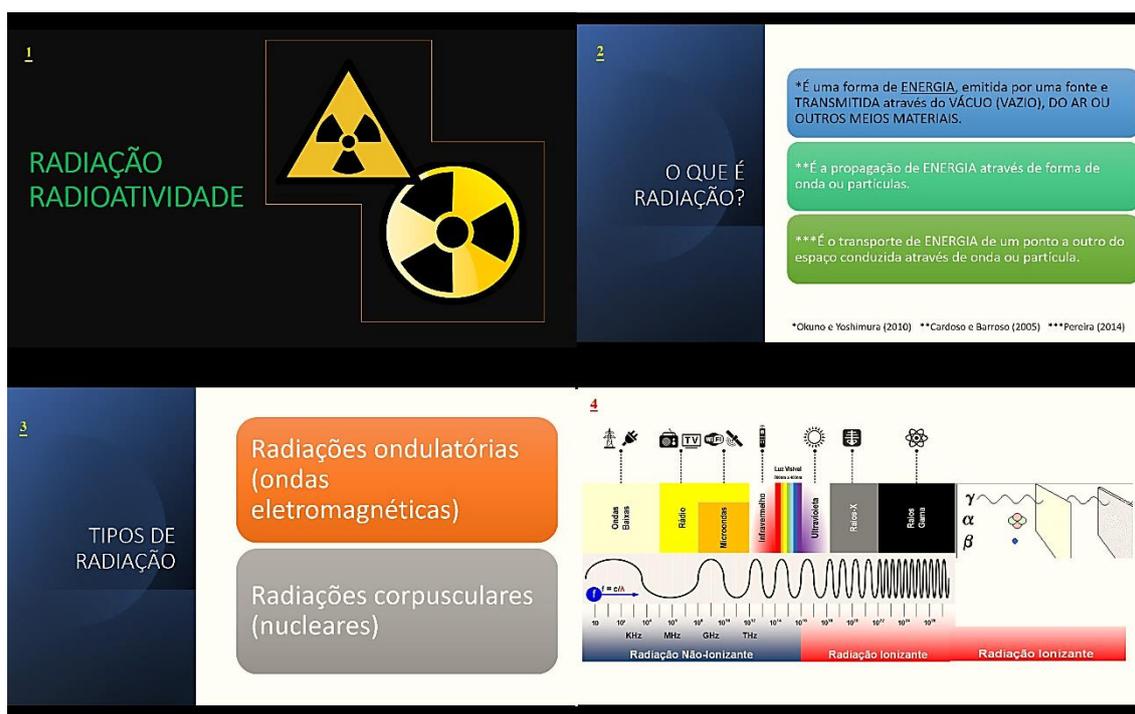
Figura 31: Slides do segundo momento pedagógico



À esquerda, rememoração do conceito de frequência; no centro, a caracterização de frequências; à direita, relação entre frequência e energia. Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

A todo momento trazemos o relacionamento sobre determinada faixa do espectro de acordo com o cotidiano atribuído a alguma tecnologia. Destacamos as ondas baixas (frequências): essa faixa está ligada à produção e transmissão de energia elétrica; as ondas de rádio relacionam-se à difusão da telecomunicação, conexão via *bluetooth* e a contribuição no estudo de estrelas e galáxias por meio da radioastronomia; as micro-ondas, além do costumeiro uso aplicado a um forno doméstico há o uso na Astrofísica para a observação celeste, entre outros estudos correlatos.

Figura 32: Slides montados para o segundo momento pedagógico



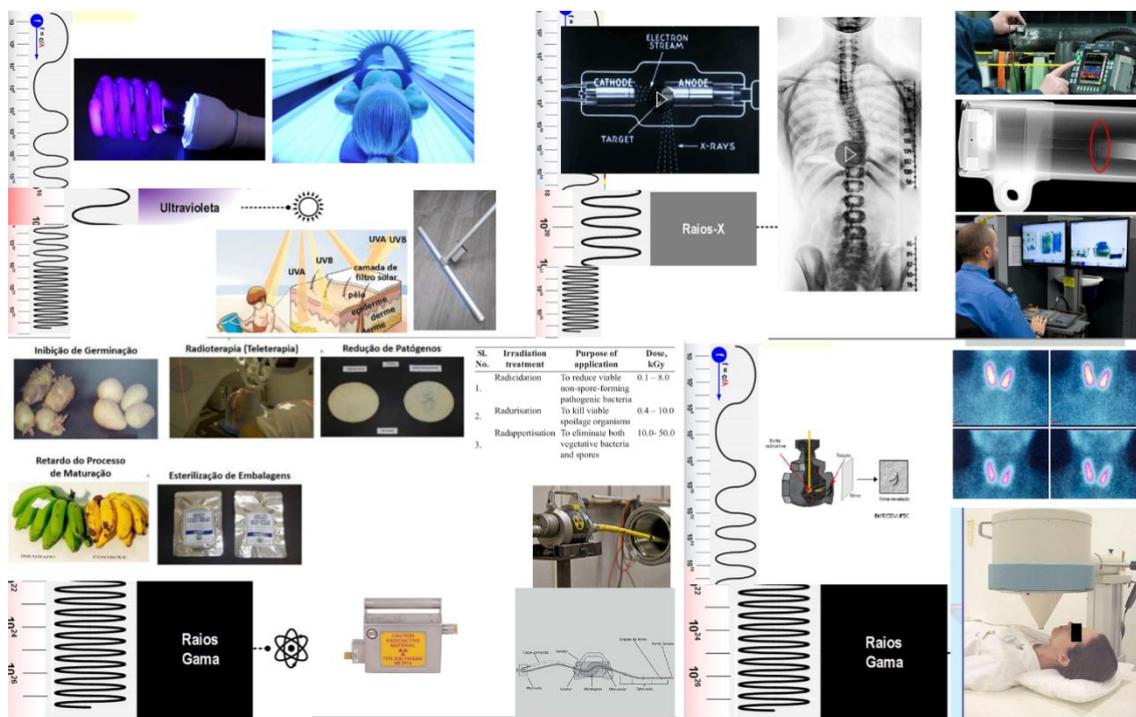
(1) Introdução e os signos de identificação de material radioativo. (2) Conceituação de radiação de três formas distintas. (3) Definição dos tipos de radiação. (4) Espectro eletromagnético segundo o critério de comprimento de onda, frequência e ionização. Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Na faixa do infravermelho o uso mais comum se dá em câmeras noturnas, em especial aquelas de segurança/mapeamento termal. Na faixa do visível, o uso de pixels tricolores (azul, verde e vermelho) na maioria das telas de eletrônicos e a relação com a visão humana; sobre a diferença entre "cores", há a radiação luminosa e a pigmentação. Na faixa do ultravioleta (UV), comentamos sobre o problema da exposição solar a longo prazo e o efeito da reação da melanina à exposição ao UV, tecnologias de bronzamento artificial e higienização hospitalar pelo uso dos raios ultravioletas (UV).

Em seguida, na passagem para o raio-X (talvez a mais popular frequência eletromagnética) mencionamos a utilização em meios hospitalares, aeroportos e indústrias; utilizamos imagens de fraturas e rompimentos de tubulações e verificações de fundições mal realizadas. Já na utilização dos raios gama, exemplificamos com a indústria alimentícia, como inibidor de micro-organismos, desinfecção e esterilização de alimentos. Na indústria é utilizada a inspeção por raios gama para verificar a finalização de peças ou equipamentos pouco acessíveis; no viés hospitalar, a cintilografia é a técnica de investigação não invasiva de avaliação por imagem.

A primeira parte do terceiro momento chegou ao fim. Todos os participantes foram convidados à segunda e última parte desta sequência.

Figura 33: Exemplos das radiações e aplicações no cotidiano



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

3º Momento Pedagógico: problematização inicial (4º encontro)

O encontro foi iniciado a partir de um questionamento, “se os alimentos expostos à radiação ficam radioativos e se prejudicam à saúde?”.

Sobre a primeira questão, os participantes se dividiram entre o “sim” e o “não”.

Pesquisador: Pera aí, "sim" levanta a mão! [...] Temos aqui, dois... mantenha a mão levantada, né jovem? Dois, três, quatro, cinco, seis, sete, oito...oito...nove... nove; diante de todo mundo é a minoria.

Pesquisador: Outra pergunta: eles ficam prejudiciais à saúde? Vamos lá! Sim ou Não. Levantem a mão!

A1: Depende da radiação, “num” vai? E do tipo de alimento, sabe e a quantidade...

Pesquisador: Quantidade?

A1: É, prof., certo? Depende da radiação, né?

Pesquisador: Faz sentido!

A1: Porque se for radiação “*benef... benef...*” para o bem não faz mal à saúde.

Pesquisador: Deixa eu fazer uma pergunta em cima disso que você falou: “depende da radiação”, você falou... então existe radiação “do bem...” benefício e malefício?

A1: É!

Pesquisador: Entendi! Saquei, saquei! E a quantidade? Se for muito ou pouco ... varia?

A1: É!

Pesquisador: Então, olha só! Se é muito ou pouco, ela é benéfica ou maléfica?

A1: É! Depende da radiação. (informação verbal)²⁸

Após essa introdução, rememoramos brevemente sobre os pontos do encontro anterior e chegamos à radiação corpuscular. Iniciamos pela definição, passamos pela origem, os tipos, os exemplos ilustrativos e dinâmicos para facilitar a compreensão dos tópicos abordados. A seguir, abordamos o conceito de ionização para mencionar a capacidade destrutiva das radiações (taxadas como radiações ionizantes), além de exemplificarmos (ilustrações) sobre a dose das radiações utilizadas para as áreas tecnológicas.

Figura 34: Slides do terceiro momento pedagógico

The image shows a presentation slide titled "Radição corpuscular" (6). It contains a quiz question (5) asking if food exposed to radiation is radioactive and harmful. A flowchart (6) explains that unstable nuclei release particles to form more stable ones, which is nuclear radioactivity. Below, "TIPOS DE RADIAÇÃO NUCLEAR" (7) lists Alpha, Beta, and Gamma radiation with icons. A diagram (8) shows an atom with an alpha particle (α) and a gamma ray (γ) being emitted.

(5) Questionamento sobre a exposição do alimento à radioatividade; (6) Conceito de radiação corpuscular; (7) Tipos de radiação corpuscular; (8) Conceito de ionização que compôs a classificação das radiações por meio da energia (ionizante e não ionizante). Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Ao final da apresentação, solicitamos aos que tinham acesso à internet, a participação voluntária em uma pesquisa (pós-teste) que poderia ser acessada por meio do QR code. Para quem não tivesse conexão com a rede, disponibilizamos um questionário no formato de uma imagem que solicitava a numeração das questões e as

²⁸ Transcrito na íntegra para esta pesquisa.

respostas em um papel separado. Nenhuma das respostas foram entregues em papel; apenas oito (8) participaram do questionário online de um total de vinte e um (21) estudantes que participaram dos encontros didáticos

4.5 DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO DECORRENTE DA APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Nesta seção divulgaremos os resultados da sequência de ensino-aprendizagem. Os dados foram apreendidos a partir da aplicação de um questionário online (Apêndice C), também projetado em sala de aula conforme descrito na seção anterior. O questionário é derivado do formulário produzido e aplicado (Apêndice B) como parte deste trabalho composto por quatro seções (perfil, gerais, fontes, aplicações) e totalizando 15 questões apresentadas de formas diversas (abertas, dicotômicas, Escala Likert, múltipla escolha etc.). A partir da estrutura da sequência de ensino-aprendizagem, o questionário foi alocado na posição de "pré-teste" com a função de investigar o conhecimento do aluno a respeito de Física das radiações; no fim da sequência, o questionário retorna como "pós-teste" com o propósito de auxiliar a ponderar sobre o impacto da sequência de intervenção didática produzida nesta dissertação no alargamento do conhecimento dos alunos-participantes.

No pré-teste, contamos a princípio com a participaram voluntária de 21 alunos, 7 por meio de formulário online e 14 de forma manual (respostas em uma folha de papel destacada). No entanto, no pós-teste, somente 8 alunos aderiram à participação e todos por meio de formulário online. Acreditamos que o número reduzido de participantes da pesquisa no momento posterior gerou obstáculo na declaração da sequência didática ter sido eficaz para a ampliação de conhecimento dos participantes.

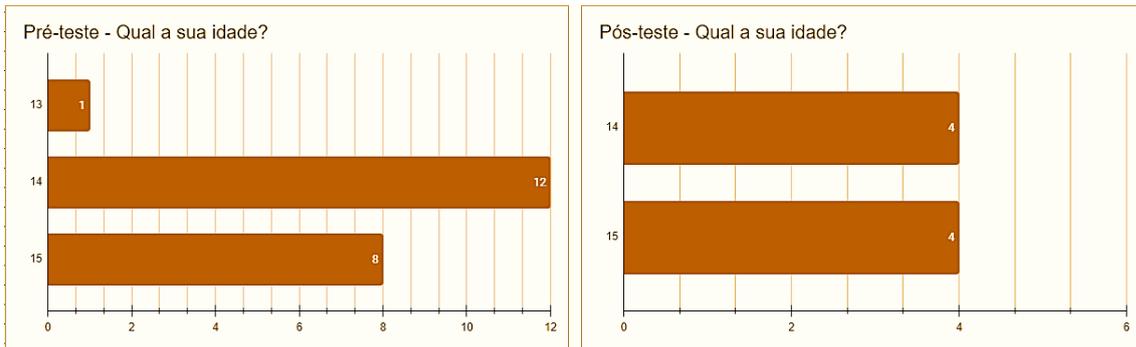
Destacamos que no momento da resposta do questionário pelos participantes da pesquisa (folha separada), sobre as concepções de radiações (pré-teste), os alunos não responderam acerca do setor denominado "aplicações", constituído de quatro questões no padrão (alternativa) da Escala Likert. Destacamos também a debandada ocorrida no último ato da sequência de ensino-aprendizagem, quando os alunos sem conexão à *internet* não responderam (e não entregaram) ao questionário (pós-teste) mesmo tendo recebido o convite de participação. Talvez a participação desses alunos tenha sido um reflexo de um "efeito de novidade" de uma intervenção, excepcional, à rotina daqueles

estudantes. Tassoni (2008) salienta o aspecto dimensional do afeto na relação professor-aluno e que a qualidade da relação interfere, em distintas situações, no processo de ensino-aprendizagem. Realçamos que o ambiente escolar é um espaço de aguda relação afetiva e as interações aguçam, no(a) jovem, uma gama de sentimentos que se convergem para pontos relacionados à escola como desempenho, indisciplina, sucesso laboral, permanência ou evasão escolar etc. O "efeito de novidade" tem sentido na dinâmica de afetos que eclode da interação, ainda que temporária, com um docente estranho ao cotidiano escolar dos alunos, que se apresentam curiosos, debochados, piadistas, comunicativos, interrogativos, colaborativos etc. diante do novo professor e do que propõe.

Considerando o número de encontros (quatro neste trabalho) e o tempo de exposição (50 minutos), cremos que os alunos entraram no último ato, momento de coletar informações em um estado de "normalização" da presença do "novo", o que acarretou um arrefecimento dos afetos, em especial aqueles ligados à euforia de participarem em alguma atividade.

Tendo em vista esse cenário, seguimos para a análise dos dados coletados no pré e pós-teste realizados com a sequência de ensino-aprendizagem. No pré-teste tivemos o envolvimento de 21 participantes, a maioria com 14 anos de idade no 9º ano do Ensino Fundamental (Anos Finais).

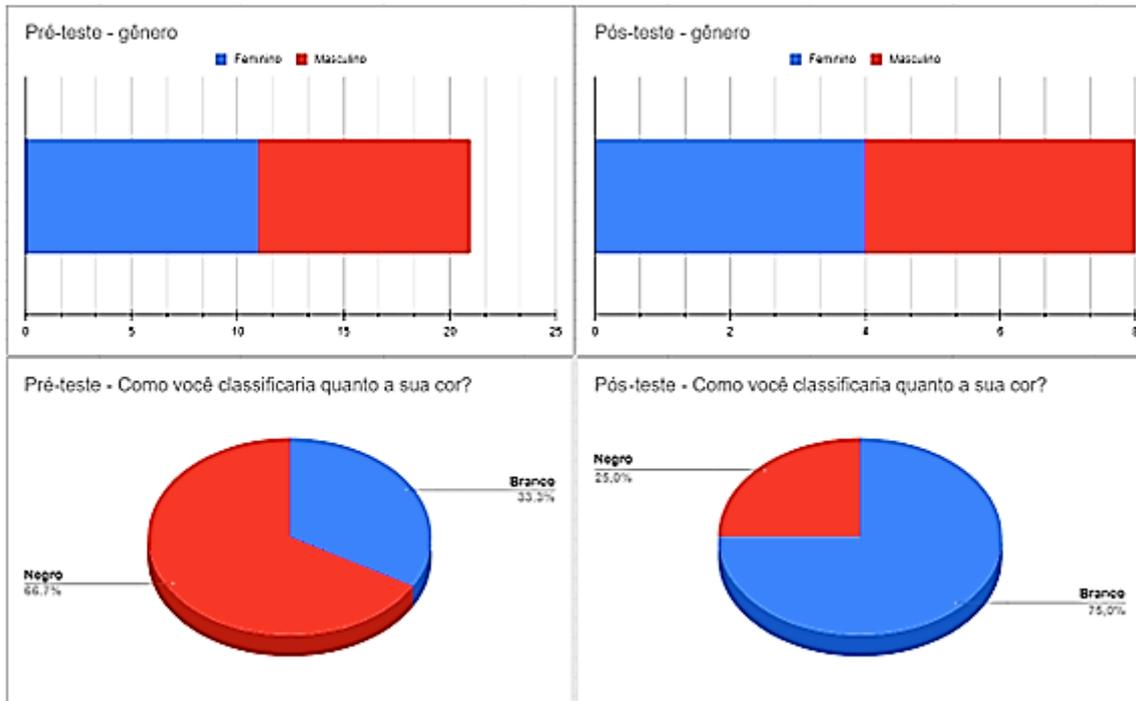
Figura 35: Gráfico pré e pós-teste com as idades dos participantes



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Quanto ao gênero, por maioria simples, o corpo feminino (11 – 52,4%) foi maior que o masculino (10 – 47,6%). Quanto à autoidentificação, surgiram algumas respostas curiosas, uma vez que a questão se tornou discursiva para aqueles que entregaram as respostas em folha separada em detrimento das respostas do formulário online, que eram objetivas. Na parte superior da imagem, os números indicam que no pré-teste, 11 participantes se declararam do gênero feminino enquanto 10 eram do masculino. No pós-teste, os valores se igualaram. Na parte inferior da figura, quanto à cor/raça, no pré-teste 66.7% se declararam negros e 33.3% brancos; os números se inverteram no pós-teste: 25% se autodeclararam negros enquanto 75% eram brancos.

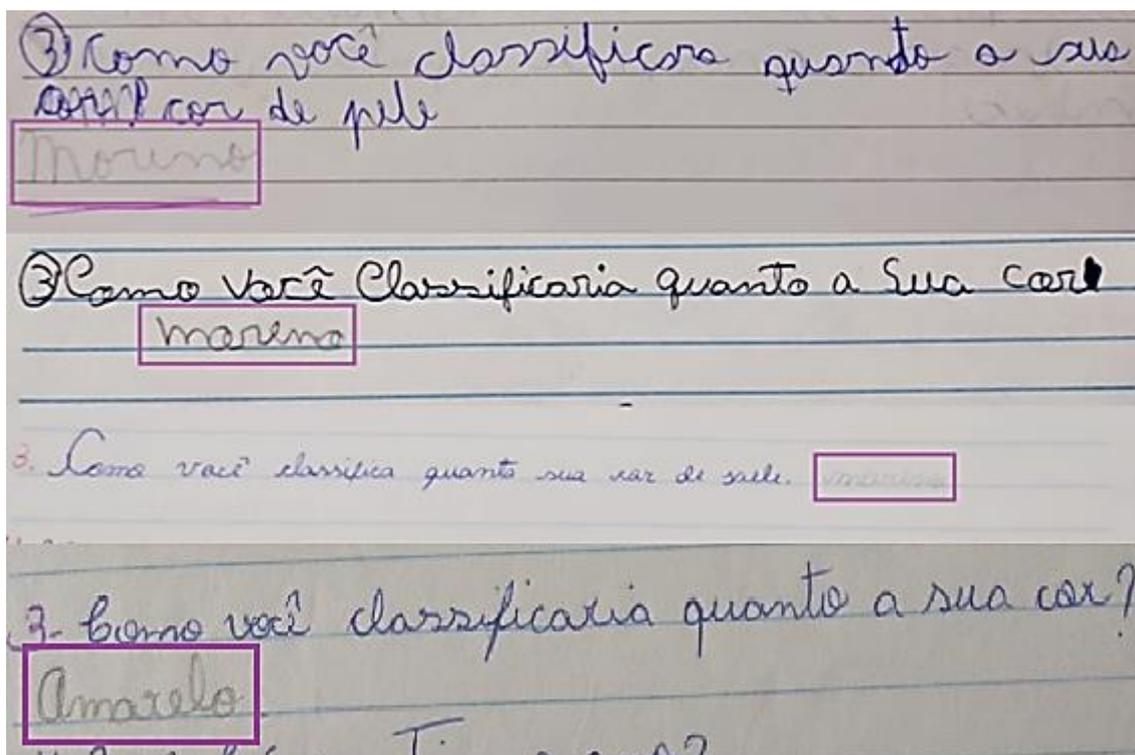
Figura 36: Respostas aos questionamentos de identificação (gênero)



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Dentre os participantes, apenas três se autoidentificaram como “morenos” e um “amarelo”. No detalhe da figura, destacamos em rosa a resposta sobre a autoidentificação de alguns alunos. A resposta “moreno” e “amarelo” é um sinal de afastamento sobre reconhecer(-se) negro e, conseqüentemente, um arcabouço de preconceito.

Figura 37: Três recortes de respostas de participantes



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

As respostas dos três participantes acima denotam um forte indício exteriorizado. Gonzalez (1984; 2020) aborda a ideologia do branqueamento durante a formação do indivíduo brasileiro em detrimento de um apagamento do negro como ser social, agregador e dinamizador da cultura. O caminho trilhado pela sociedade brasileira na esteira histórica revela uma caminhada inclinada para o *racismo por denegação*; em suma, compomos uma lógica de um arbítrio cultural que tem o objetivo de dominar a população negra mediante a internalização e a reprodução dos valores dos brancos e, dessa forma, obter a manutenção da estrutura social como é, ou seja, estruturalmente racista, estratificada em classe e espoliadora. A dinâmica racista fica patente em dois recortes: na estrutura social e política, engendrando impeditivos para o alcance dos fatores de ascensão e lugares de poder; encontra-se também no inconsciente da população. Uma vez que a figura de poder na sociedade brasileira se consubstancializa no indivíduo do sexo masculino e branco, ou seja, patriarcal e racializado, não é surpresa que esse tipo de resposta se afaste de uma identificação com a figura do negro, ainda que a pesquisa tenha sido realizada na periferia dos subúrbios, onde as práticas institucionais são mantenedoras do *status quo*.

É interessante notar que os resultados, de forma proporcional, se elevaram do pré ao pós-teste depois da sequência de ensino aplicada. Observamos a Tabela 15 a seguir, que reúne o resultado das questões dicotômicas apresentadas no questionário aplicado na sala de aula.

Tabela 15: Resultado do pré e pós-teste

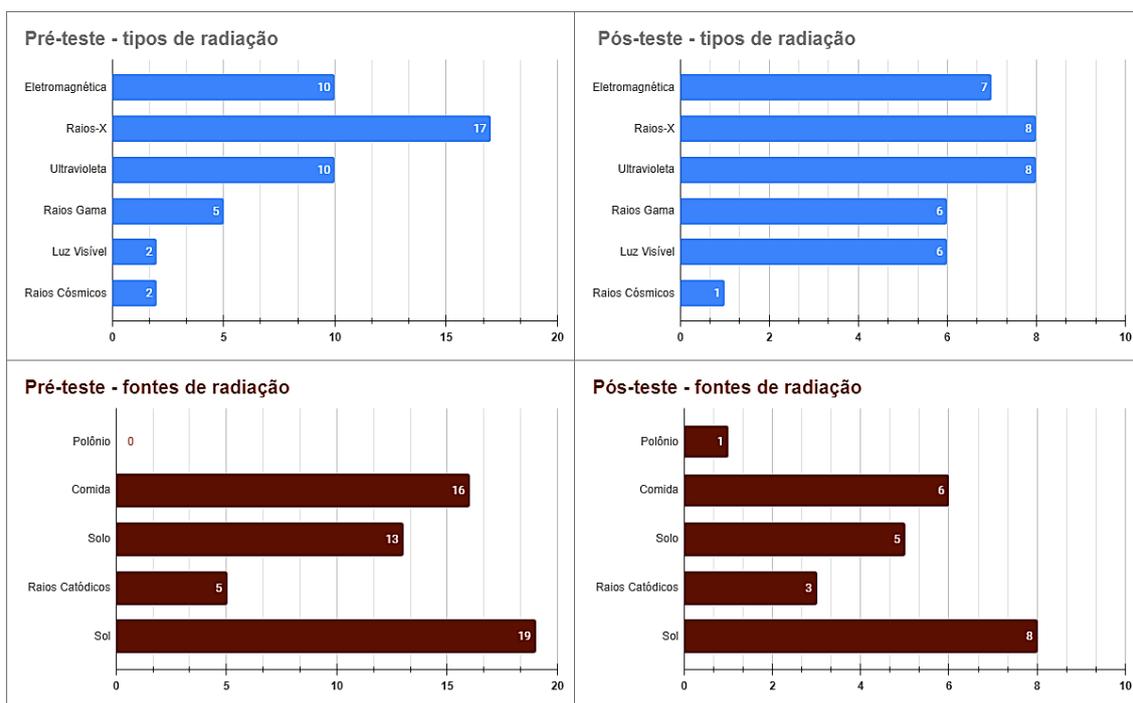
	Pré-teste	Pós-teste
	Você já repetiu o ano?	
Sim	4	1
Não	17	7
	Você já ouviu falar sobre radiação?	
Sim	17	8
Não	4	0
	Você já ouviu falar sobre radioatividade?	
Sim	8	7
Não	13	1

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

De forma comparativa, ao olharmos a tabela o cenário de expectativa que se molda é de que a maioria dos alunos não repetiu o ano, ou seja, uma parcela significativa já teve contato com o termo "radiação" e os que já tinham ouvido falar em "radioatividade" são a minoria. Esse quadro se repete para a situação do pré-teste. Creditamos o saldo positivo à sequência didática e a ampliação do conhecimento e conscientização da interação cotidiana, além das radiações em suas várias facetas.

Sobre os tipos e fontes de radiação, retornamos à base comparativa na seção 4.3. O polônio permanece desconhecido do público-alvo como fonte de radiação, mesmo após a apresentação na sequência didática. Por sua vez, há contradição no levantamento do urânio como uma fonte de radiação conhecida e sinalizada durante o primeiro momento pedagógico. Contudo o Sol, a comida e o solo foram não só reconhecidos como fontes naturais de radiação como também no pós-teste permaneceram (proporcionalmente) em elevados postos.

Figura 38: Reunião dos resultados

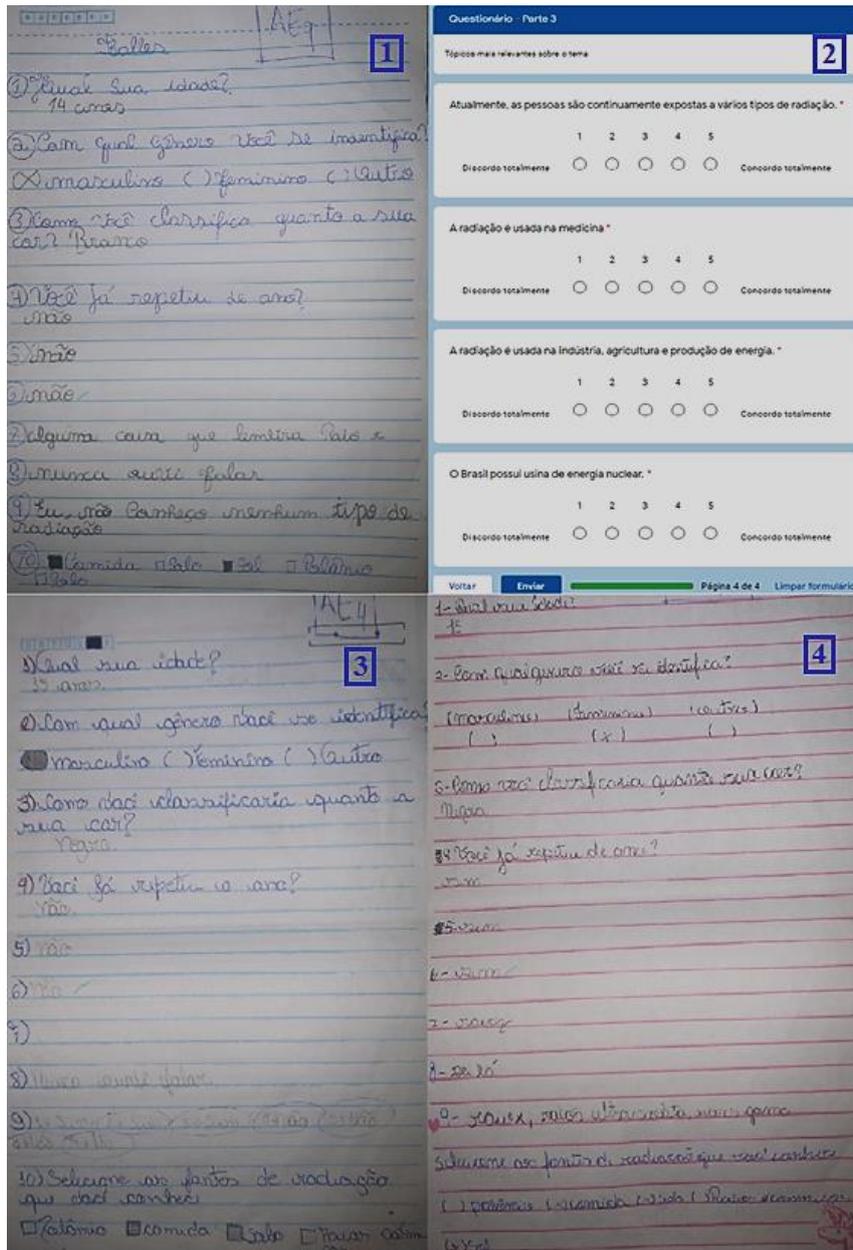


Pré-teste (à esq.) e pós-teste (à dir.); o raio cósmico é indistinto, porém o raio gama e a luz visível ganham notoriedade após a sequência de ensino. O polônio não é reconhecido.

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Uma ressalva importante, o teste de hipótese considera apenas os participantes do formulário online, uma vez que os participantes do questionário no pós-teste debandaram e não registraram as respostas presenciais das questões baseadas na Escala Likert. Na Tabela 16, apresentaremos um resumo dos resultados para o questionário. Os resultados já foram convertidos segundo os moldes presentes no capítulo 2 deste trabalho, ou seja, a média e o desvio padrão. A situação aqui se trata da comparação entre o resultado da média do pré-teste e do pós-teste, a fim de verificar se a aplicação da sequência de ensino proporcionou uma mudança significativa. Notamos que nos quadrantes 1, 3 e 4, as respostas param na questão 10 e nenhuma apresenta respostas que celebre a conexão com as perguntas expostas no quadrante 2 (canto superior direito).

Figura 39: Resultados forma presencial (1, 3 e 4) e do questionário (2) baseado na escala Likert



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Tabela 16: Valores das médias e desvios-padrão (pré e pós-teste)

RESUMO		
GRUPO	MÉDIA	DES. PAD
Pré-teste	3	1
Pós-teste	3,12	0,98

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Nosso interesse é aferir uma posição com o auxílio de um teste estatístico para ponderar sobre o uso da sequência didática sobre Física das radiações e alguma mudança significativa no resultado da aplicação. Para tanto, deliberamos como nível de significância (α) de 5%. A Tabela 17 imprime todos os elementos pertencentes ao teste estatístico. A diferença entre as médias deve ser supostamente igual a zero ($h_0: \mu_d = 0$)

Tabela 17: Elementos do teste estatístico pré e pós-teste

TESTE ESTATÍSTICO – PRÉ E PÓS-TESTE					
GRUPO	MÉDIA	DES.PAD.	QUANT.	COMPARATIVO	TESTE ESTAT. - t_{obs}
G ₁ - Pré-teste	3	1	7	G1 - G2	-0,24
G ₂ - Pós-teste	3,12	0,98	8		

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Podemos notar que o valor do teste estatístico, $t_{obs} = -0,24$, encontra-se aquém do valor estabelecido para o $t_{crítico} = 2,16$, tendo em vista que aceitamos a hipótese nula; dito de outra forma, o tratamento estatístico exigido para o teste *t-Student* indicou que a hipótese nula não pode ser rejeitada. Acreditamos que o reduzido número de participantes da pesquisa no momento posterior (pós-teste) colaborou para que o resultado derivado da aplicação fosse aquém do esperado, de tal forma que gerou obstáculo na declaração da sequência didática ter sido eficaz para a ampliação de conhecimento dos participantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo questionar se os alunos pertencentes aos anos finais do Ensino Fundamental apresentam diferenças frente aos conteúdos sobre a Física das radiações, em especial, quanto ao recorte de classe, gênero e raça. Para abrir caminho nesta empreitada nos valem da construção e uso de um questionário online de acesso remoto, cujo tema abordou perguntas simples sobre radiações, radioatividade, fontes, tipos, diversas aplicações, identificação de signos, além de contar com perguntas de caráter socioeconômico. Enfatizamos que o trabalho não teve o objetivo de generalizar, não obstante os dados coletados tenham apresentado um reflexo (especialmente quanto às condições sociais) das populações estudadas.

O questionário foi aplicado em quatro escolas, sendo uma da rede pública e três da rede privada de ensino, somando um expressivo número de 110 alunos-participantes. O fruto dessa iniciativa está detalhado no Capítulo 4, contudo, em síntese, os resultados se apresentam em um quadro muito interessante sobre quem são os alunos, onde estão e como respondem às questões sobre Física das radiações e aplicações.

Dos alunos que participaram, 83% vieram da rede pública de ensino; a maioria se constitui pelo público feminino (59,1%), autoidentificado como negro (66,4%); 46,4% declararam ter renda familiar entre 1 a 3 salários mínimos, além da escolaridade da maioria dos responsáveis beirar o ensino médio completo (38,2% e 36,4% para os responsáveis feminino e masculino respectivamente). Um último dado relevante: as escolas que receberam a pesquisa se localizam no subúrbio da cidade do Rio de Janeiro. Essas localidades sofrem com a carência de equipamentos culturais (museus, bibliotecas, galerias de arte, centros culturais etc.), o que impacta tanto a qualidade de vida quanto os índices sociais e, por conseguinte, a educação pela escassa quantidade de elementos que podem abastecer (e/ou transmitir) à população de capital cultural.

Esse conjunto de informações configura um cenário que, como já mencionado, impacta o sucesso escolar dos alunos, uma vez que ao ingressarem na escola, encontram-se defasados de capital cultural, em essência. O sistema de ensino não se preocupa, ou mesmo contribui, por meio de métodos diferenciados, para que os herdeiros das classes populares se equiparem ao patamar das outras classes.

O sistema escolar enfatiza as diferenças. Dentro de uma sociedade de classes o capital cultural torna-se a metáfora para alicerçar a explicação de como a cultura torna-

se uma moeda que a classe dominante usa para acentuar as diferenças. A escola constitui um papel de destaque nesse processo. Ao contrário, a contribuição da escola na perpetua a cultura dominante como padrão. Aqueles que não possuem o domínio sobre os códigos culturais valorizados pelo sistema de ensino terão um aprendizado será mais tortuoso, menos frutífero e pouco exitoso. Bourdieu aponta para a marginalização dos alunos oriundos da classe dominada em favor dos alunos mais dotados de capital cultural; a dominação de uma classe sobre outra se mantém. O discurso de igualdade em uma sociedade desigual é uma jocosa piada.

Quanto aos comparativos entre as médias resultantes do questionário sobre Física das radiações averiguamos que no contexto da clivagem feita no círculo menor (tanto para escola pública ou privada), não foi apreciada quaisquer diferenças estatísticas entre as categorias estudadas. No quadro dos dados comuns às escolas (círculo maior) encontramos, a partir do tratamento estatístico *t-Student*, diferenças entre as médias resultantes do questionário para estudantes oriundos da escola privada e pública (nível de confiança: 95%). Ainda dentro desse escopo maior de dados, feita a clivagem de gênero, o resultado do comparativo das médias entre meninos e meninas foi estatística e substantivamente diferente.

De acordo com a análise conjunta dos dados da investigação feita por intermédio do questionário sobre a Física das radiações (anos finais do fundamental) permite identificar alguns fatos estilizados sobre a clivagem realizada:

1. Alunos da rede privada tendem a apresentar resultados maiores que os da escola pública.
2. Alunos do gênero feminino, tendencialmente, apresentam resultados menores que os resultados do gênero masculino.
3. A presença articulada dos eixos de opressão, uma vez que não se manifestam de forma independentes, são fatores significativos na contribuição da (re)produção social de subordinações, em especial da população feminina. Isso se reflete no desempenho dos alunos quando submetidos a formas de avaliação.

Pensamos que seja importante considerar as interseccionalidades a partir de questões estruturais da sociedade, pois estas têm um peso grande na constituição dos sujeitos, mas também como algo que não é estático, que nas interações dos diversos marcadores que produzem desigualdades e opressões são responsáveis pelas mudanças nos modos como os sujeitos se constituem. (SILVA; MENEZES, 2020, p. 5).

Ao basearmos nestes resultados somados às reflexões propostas das sequências de ensino-aprendizagem, obtivemos um caminho lastreado nos recortes estudados. Podermos observar que a proposta de sequência de ensino-aprendizagem, cuja abordagem metodológica teve por base o realce da interação aluno-professor em uma aula dialógica, problematizadora, em que o aluno foi partícipe da construção dos seus conhecimentos, teve sua parcela contributiva à aprendizagem dos estudantes.

Os momentos pedagógicos foram eficazes para o alargamento do repertório dos estudantes quanto ao conhecimento dos conceitos de radiação e radioatividade, também dos tipos e fontes de radiação. Contudo, em se tratando da aplicação das radiações (vide as Tabelas 19 e 20) podemos declarar que a sequência foi pouco eficaz para manifestar diferença estatística significativa entre as médias do alunado.

Baseados nas informações dos objetos de conhecimento e habilidades delineadas pela unidade temática "Matéria e Energia" voltada para o 9º ano do Ensino Fundamental possuem diretrizes claras ao estudo dos tópicos de física das radiações. Destacamos que a sequência de ensino-aprendizagem constituída e aplicada atende e promove, de forma colaborativa, os dispositivos presentes no texto da BNCC.

6 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A. M. F. de. **Sistema de ensino**. Dicionário Bourdieu. In: CATANI, Afrânio Mendes; NOGUEIRA Maria Alice; HEY, Ana Paula; MEDEIROS, Cristina Carta Cardoso de. (Org.). 1º ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

ALMEIDA, M. A. B. de; SANCHEZ, L. P. Os negros na legislação educacional e educação formal no Brasil. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 10, n. 2, p. 234-246, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14244/198271991459>. Acesso em: 16 ago. 2021.

ALMEIDA, S. L. de. **Racismo estrutural**. São Paulo: Polén, 2019.

ANDRADE, R. de O. **Onde as cientistas não têm vez**: falta de apoio e ambiente hostil contribuem para baixa adesão de mulheres às áreas Stem. 2018. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2018/11/19/onde-as-cientistas-nao-tem-vez/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ASSIS, D. N. C. de. **Interseccionalidades**. Salvador: Instituto de Humanidades, Artes e Ciências; Superintendência de Educação a Distância, UFBA, 2019.

ATTIX, F. H. **Introduction to radiological physics and radiation dosimetry**. John Wiley & Sons, 2004.

AZEVEDO, L. G. N. G. Ética da alegria e do encontro: elucidações espinosanas e perspectivas psicodramáticas. **Rev. Bras. Psicodrama**, v. 25, n.1, p. 78-85, 2017. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-53932017000100009. Acesso em: 4 dez. 2021

BANCKES, T. N.; HEERDT, B. **Meninas e seu interesse por ciência e pela carreira científica**. ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2019. Ponta Grossa. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019. Disponível em: https://siseve.apps.uepg.br/storage/EAIC2019/13_Tayn%C3%A1_Nery_Banckes-156814165877563.pdf. Acesso em: 25 jan. 2023.

BARBALHO, A. **Capital cultural**. Dicionário de Políticas Sociais. Carmem Lúcia Freitas de Castro, Cynthia Rúbia Braga Gontijo, Antônio Eduardo de Noronha Amabile (Org.). Barbacena: EDUEMG, 2012.

BELL, J. F. Investigating gender differences in the science performance of 16-year-old pupils in the UK. **International Journal of Science Education**, 23:5, 2001, 469-486.

BENEDITO, F. de O. Intrusas: uma reflexão sobre mulheres e meninas na ciência. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 6-9, 2019. Disponível em: Available from http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252019000200003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 nov. 2021.

BERTOLO, L. **Distribuição t-Student**. Calculadora online. 2008. Disponível em: <http://www.bertolo.pro.br/FinEst/Estatistica/DistribuicaoProbabilidades2/t/index.html/> Acesso em: 10 dez. 2021

BETHENCOURT, F. **Racismos**: das cruzadas ao século XX. Tradução de Luís Oliveira Santos e João Quina Edições. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

BIAN, L.; LESLIE, S.-J.; CIMPIAN, A. Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests. **SCIENCE** [online], v.355, ed6323, p. 389-391, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aah6524>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BILHEIRO, I. **A legitimação teológica do sistema de escravidão negra no Brasil**. 2008. Disponível em: <https://silo.tips/download/a-legitimacao-teologica-do-sistema-de-escravidao-negra-no-brasil-congruencia-com>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BOLZANI, V. Mulheres na ciência: por que ainda somos tão poucas? **Ciência e Cultura** [online], v.69, n.4, p.56-59, 2017. ISSN 2317-6660. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400017>. Acesso em: 14 nov. 2021.

BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. do. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Revista Experiência em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v.13, n.1, p. 187-197, abr. 2018. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/ArtigoID465/v13n1a2018.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **Os herdeiros**: os estudantes e a cultura. Tradução de Ione Ribeiro Valle e Nilton Valle. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **Razões práticas**: sobre a teoria da ação. Campinas: Papirus, 1996.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **A escola conservadora**: as desigualdades frente à escola e à cultura. *In: Escritos de educação*. NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (Org.). 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **Algumas propriedades dos campos in questões de sociologia**. Lisboa: Edições Sociedade Unipessoal, 2003.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **Meditações pascalianas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BOURDIEU, P.; PASSERON, JC. Os três estados do capital cultural. *In: Escritos de educação*. NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (Org.). 9. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.394**, 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 30 set. 2020.

BRASIL. **Lei n. 13.005**, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF., 26 jun 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2014/lei/113005.htm. Acesso em: 30 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1344-8-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 30 de set. 2020.

BRASIL. **PNLD 2018**: Apresentação – Guia de Livros Didáticos – Ensino Médio. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. Disponível em: <http://www.fnede.gov.br/programas/livro-didatico/escolha-pnld-2015>. Acesso em: 28 abr. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.711**, de 29 de agosto de 2012. Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12711-29-agosto-2012-774113-publicacaooriginal-137498-pl.html>. Acesso em: 27 de mai. 2020.

BUSHONG, S. C. **Ciência Radiológica para Tecnólogos**: Física, Biologia e Proteção. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P.A. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

CAPUTO, M. Por que as meninas não querem fazer Ciências Exatas? **Notícia da Academia Brasileira de Ciências**. 2019. Disponível em: <http://www.abc.org.br/2019/03/08/por-que-as-meninas-nao-querem-fazer-cienciasexatas/> Acesso em: 15 de nov. 2021.

CARDOSO, G. P. **Sobre o 'Caso Marie Curie'**: a radioatividade e a subversão do gênero. 2009. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: Doi:10.11606/D.8.2009.tde-03082011-125925. Acesso em: 8 fev.2023

CARVALHO, M. Quem é negro, quem é branco: desempenho escolar e classificação racial de alunos. **Revista Brasileira de Educação** [online], n. 28, p. 77-95, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782005000100007>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CARVALHO, R. P. **Aplicações da Energia Nuclear na Indústria, Meio Ambiente, Produção de Alimentos e Bens Culturais**. 1. ed. Viena: IAEA, 2019. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/Livros-e-Estudos/Aplicacoes-da-energia-nuclear_virtual.pdf. Acesso em: 29 nov. 2022.

CATANI, A. M. *et al.* **Dicionário Bourdieu**. In: Afrânio Mendes Catani; Maria Alice Nogueira; Ana Paula Hey; Cristina Carta Cardoso de Medeiros (Org.). 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação. **Crianças e adolescentes, por dispositivos utilizados para acessar a internet 2018**. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/kidsonline/2018/criancas/A1/>. Acesso em: 2 nov. 2021.

CHAUVIRÉ, C.; FONTAINE, O. **Le vocabulaire de Bourdieu**. Paris: Ellipses, 2003.

COLLINS, P. H. **Interseccionalidade** [recurso eletrônico]. In: COLLINS, P. H.; BILGE, S. Tradução de Rane Souza. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2020.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online], v. 33, n. 3, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000300019>. Acesso em: 13 jun. 2021.

CORENZA, J. de A. **Formação inicial de professores: conversas sobre relações raciais e educação**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

CORENZA, J. de A. **Práticas Curriculares Antirracistas: temas em construção**. In: PIO, A. Pio *et al.* (Org.). Rio de Janeiro: Wak Editora, 2021.

CRENSHAW, K. Documento para o encontro de especialistas em aspectos da discriminação racial relativos ao gênero. **Rev Estud Fem** [Internet], v. 10, n. 1, p. 171-188, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-026X2002000100011>. Acesso em: 9 fev. 2023.

CURY, C. R. J. **Educação como direito social**. Dicionário de Políticas Sociais/Organizadores: Carmem Lúcia Freitas de Castro, Cynthia Rúbia Braga Gontijo, Antônio Eduardo de Noronha Amabile. Barbacena: EDUEMG, 2012.

DESY, E. A. *et al.* Gender Differences in Science-Related Attitudes and Interests among Middle School and High School Students. **Science Educator**, v. 20, n. 2, p.23-30, 2011. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ960633.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

DIAS, G. O menino que descobriu o vento. **Guia dos Entusiastas da Ciência**, Santo André, v. 2, n.4, p.4, 2019. Disponível em: <https://gec.proec.ufabc.edu.br/ciencia-pop/resenha-o-menino-que-descobriu-o-vento/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

DOMINGUES, P. O recinto sagrado: educação e antirracismo no Brasil. **Cadernos de Pesquisa** [online], v. 39, n. 138, p. 963-994, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-15742009000300014>. Acesso em: 20 jul. 2021.

DUSCHL, A. R.; SCHWEINGRUBER, A. H.; SHOUSE, W. A. **Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8**. Washington DC: The national Academies Press, 2007.

ELETRONUCLEAR. **Energia nuclear: o que é?** 2020. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>. Acesso em: 29 nov. 2020.

FALEIROS, F. *et al.* Use of Virtual Questionnaire and Dissemination as A Data Collection Strategy In Scientific Studies. **Texto & Contexto Enfermagem** [online], v. 25, n. 4, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-07072016003880014>. Acesso em: 30 nov. 2020.

FERRAZ, R. D. A BNCC e os desafios aos profissionais da docência: debates necessários. **Rev. Bras. de Educ. de Jov. e Adultos**, v. 7, 2019.

FERREIRA, M. **A Evolução da Web: o que esperar da Web 4.0? Conexões Expandidas**. 2019. Disponível em: <https://www.ufjf.br/conexoesexpandidas/2019/09/09/a-evolucao-da-web-o-que-esperar-da-web-4-0/>. Acesso em: 30 nov. 2020.

FRANCA, S. A. **Glossário de Termos Usados em Energia Nuclear**. Disponível em: <https://silo.tips/download/glossario-de-termos-usados-em-energia-nuclear>. Acesso em: 25 jul. 2020.

FREITAS, L. C. de. **A reforma empresarial da educação: Nova direita, velhas ideias**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

FREITAS, L. R. **A má-fé institucional da re-produção do fracasso escolar no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/2776?mode=full>. Acesso em: 28 abr. 2021.

FREITAS, S. dos A.; NETO, A. S. de A. Análise dos conteúdos de física nos livros didáticos de ciências do nono ano do Ensino Fundamental aprovados pelo PNLND 2017. **Revista Contexto & Educação**, ano 34, n. 107, jan./abr. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/8451>. Acesso em: 28 abr. 2021.

FRERES, H. *et al.* Governo e empresariado: a grande aliança em prol da educação para todos. In: JIMENEZ, Susana *et. al.* **Marxismo, educação e luta de classes**: pressupostos ontológicos e desdobramentos ídeo-políticos. Fortaleza: EDUECE/IMO, 2010.

FURMAN, M. O ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico. **Revista Sangari Brasil**, p.1-18, out. 2009. Disponível em: <http://dominiopublico.mec.gov.br/download/texto/is000002.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, 2015. Disponível em <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4317>. Acesso em: 20 mar. 2022

GOMES, E. *et al.* A Representação da Energia Nuclear nas Histórias em Quadrinhos e o Potencial em Divulgação Científica. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 1, p. 13-19, 2015. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/rinte/issue/view/117/%5BRINTE%5D%2C%20Volum e%201%2C%20N%C3%BAmero%201>. Acesso em: 13 nov. 2021

GONZALEZ, L. **Por um Feminismo Afro-Latino-Americano**: Ensaios, intervenções e diálogos/Organizadores: Flavia Rios e Márcia Lima. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2020.

GONZALEZ, L. Racismo e sexismo na cultura brasileira. **Revista Ciências Sociais Hoje**, p. 223-244, 1984. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5509709/mod_resource/content/0/06%20-%20GONZALES%2C%20L%C3%A9lia%20-%20Racismo_e_Sexismo_na_Cultura_Brasileira%20%281%29.pdf. Acesso em: 24 set. 2022

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. **História do Césio 137 em Goiânia**. Site Oficial da Secretaria Estadual de Saúde. 2020. Disponível em: <https://www.saude.go.gov.br/cesio137goiania/historia>. Acesso em: 4 mai. 2021.

GROSSI, M. G. R. *et al.* As mulheres praticando ciência no Brasil. **Revista Estudos Feministas** [online], v. 24, n. 1, p. 11-30, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1805-9584-2016v24n1p11>. Acesso em: 28 out. 2021.

GUERRA, A.; CRUZ, R. S. **Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física**. 2009. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0212-1.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

HERNANDES, P. R. A Reforma do Ensino Médio e a produção de desigualdades na educação escolar. **Educação**, 44, 58, p. 1-19, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1984644434731>. Acesso em: 30 nov. 2020.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HIRANO, L. F. K. **Marcadores sociais das diferenças: fluxos, trânsitos e intersecções**/Luis Felipe Kojima Hirano, Maurício Acuña; Bernardo Fonseca Machado (Org.). Goiânia: Editora Imprensa Universitária, 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1249/o/marcadores_sociais_das_diferencas.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

HYDE, J. S.; LINN, M. C. Gender similarities in mathematics and science. **Science**, v. 314, n. 5799, p. 599-600, 2009. Disponível em: <http://ww.w.mrmont.com/teachers/SocialResearch/SciMag-GenderDiffMath.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da Educação Básica Estadual 2019**: Resumo Técnico [recurso eletrônico]. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_do_estado_do_rio_de_janeiro_censo_da_educacao_basica_2019.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da Educação Básica 2019**: Resumo Técnico. Brasília, 2020. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_-_censo_da_educacao_basica_2019.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DEFESA DO CONSUMIDOR. **Acesso à internet móvel pelas classes CDE**. 2021. Disponível em: https://idec.org.br/sites/default/files/versao_revisada_pesquisa_locomotiva.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa da População residente no Brasil e Unidades da Federação**. 2019. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2019/estimativa_dou_2019.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua** - Características gerais dos domicílios e dos moradores 2019. 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2018/2019** - Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101794_informativo.pdf. Acesso em: 20 de set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Desigualdades Sociais por Cor ou Raça no Brasil**. Brasília: 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101681>. Acesso em: 5 nov. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **O que é IDH? Desafios do Conhecimento**. Ano 5, 39. ed. Brasília, 2008. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2144:catid=28https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/556735_fba565bad5f84288a61f4eaaa341b0e.html. Acesso em: 12 nov. 2021.

JÚNIOR, Á. R. **Neoliberalismo (perspectiva teórico/conceitual)**. Dicionário de Políticas Sociais/Organizadores: Carmem Lúcia Freitas de Castro, Cynthia Rúbia Braga Gontijo, Antônio Eduardo de Noronha Amabile. Barbacena: EDUEMG, 2012.

KLEIN, S. P. *et al.* Gender and racial/ethnic differences on performance assessments in science. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 19(2), 83-97, 1997. Sage Publications, Inc. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1164204>. Acesso em: 24 jan. 2023.

KNOLL, G. F. **Radiation detection and measurement**. John Wiley & Sons, 2000.

KRISTYASARI, M. L. *et al.* **Gender Differences in Students' Science Literacy towards Learning on Integrated Science Subject**. 2018 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1097 012002. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012002>. Acesso: 25 out. 2021.

LAUREANO DOS SANTOS, L.; ZILIOOTTO, D. M. Histórias de vida de professoras negras na educação superior. **Revista Brasileira de Pesquisa (Auto)biográfica**, v. 7, n. 21, p. 476-491, 4 nov. 2022.

LEGRAND, J. **Exploring Gender Differences across Elementary, Middle, and High School Students' Science and Math Attitudes and Interest**. 2017. Thesis. Doctorate. Doctorate of Education (Ed.D) in Educational Leadership in the College of Professional Studies from Northeastern University. Boston, Massachusetts, 2017.

LEO, W. R. Techniques for nuclear and particle physics experiments. **Nucl Instrum Methods Phys Res**, v. 834, p. 290, 1987.

LINN, M. C.; HYDE, J. S. "Gender, Mathematics, and Science." **Educational Researcher**, v. 18, n. 8, p. 17-27, 1989. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Marcia-Linn/publication/246292458_Gender_Mathematics_and_Science/links/5898c3ba4585158bf6f6c102/Gender-Mathematics-and-Science.pdf. Acesso em: 25 jan. 2023.

MARQUES *et al.* Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura. **Scientia Plena**, v.15, n. 7, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.074809>. Acesso em: 25 mai. 2020.

MARQUES, M. G. Capitalismo dependente e cultura autocrática: contribuições para entender o Brasil contemporâneo. **Revista Katálysis** [online]. v. 21, n. 01, p. 137-146, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-02592018v21n1p137>. Acesso em: 5 out 2021.

MARTIN, M. de S. **Capital Simbólico**. Dicionário Bourdieu/ Organizadores: Afrânio Mendes Catani, Maria Alice Nogueira, Ana Paula Hey; Cristina Carta Cardoso de Medeiros. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

MARTINS, M. L.; ZWIRTES, P. A BNCC em evidência: aproximações do currículo com a proposta de Tyler e a pedagogia das competências. **Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 3, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/download/3270/2621/10178> Acesso em: 20 abr. 2022

MARTINS, R. de A. **Marie Curie e a Radioatividade**. Grupo de História, Teoria e Ensino de Física. 2020. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/Biografias/Curie/Curieradia.htm>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **A ideologia alemã**. São Paulo: Boitempo, 2007.

MEDEIROS, C. C. C de. **Herdeiros(os)**: Os estudantes e a cultura. Dicionário Bourdieu/ Organizadores: Afrânio Mendes Catani, Maria Alice Nogueira, Ana Paula Hey; Cristina Carta Cardoso de Medeiros. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

MENDES, J. M.; SEIXAS, A. M. Escola, Desigualdades Sociais e Democracia: As Classes Sociais e a Questão Educativa em Pierre Bourdieu. **Educação, Sociedade & Culturas**, 19, 103-129, 2003. Disponível em: <https://www.fpce.up.pt/ciie/revistaesc/ESC19/19-4.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

MENEZES, D. P.; BRITO, C.; ANTENEODO C. Mulheres na Física: Efeito Tesoura - da olimpíada brasileira de física à vida profissional. **Scientific American Brazil**, 2017.

MILLAR; ROBIN; GILL, J. NEW APPROACHES: School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*. 31. 27-33, 1996. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/31/1/019>. Acesso em: 17 abr. 2020

MIRANDA, L. A ciência por trás dos superpoderes. **Ciência Hoje**. 2019. Disponível em <https://cienciahoje.org.br/artigo/a-ciencia-por-tras-dos-superpoderes/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MORAIS, R. F. **Identidades racializadas e a atitude de negras(os) frente à física**/ Rodrigo Fernandes Morais. Rio de Janeiro: UFRJ/IM, 2019. Disponível em: https://pemat.im.ufrj.br/images/Documentos/tese/2019/DSc_02_Rodrigo_Fernandes_Morais_1.pdf. Acesso em: 18 abr. 2020

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação Contemporânea**. Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. 2014. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados** [online], v. 32, n. 94, pp. 73-80, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MOTA, J. da S. Utilização do Google Forms na pesquisa acadêmica. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas. v.6, n.12, p.371-380, ago. 2019. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1106>. Acesso em: 28 nov. 2020.

MOTTER, A. 11 utilidades da Energia nuclear. **Revista ARCO**, 2018. Disponível em: <https://ufsm.br/r-601-4247>. Acesso em: 29 nov. 2022.

MUNANGA, K. **Uma abordagem conceitual das noções de raça, racismo, identidade e etnia**. Programa de educação sobre o negro na sociedade brasileira. Niterói: EDUFF, 2004. Disponível em: biblio.fflch.usp.br/Munanga_K_UmaAbordagemConceitualDasNocoosDeRacaRacismoIdentidadeEEtnia.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

NETO, R. B. Gene confere radar infravermelho a cobra. **Folha de São Paulo**, São Paulo, v. 90, nº 29.566, 2010. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1503201001.htm>. Acesso em: 28 nov. 2020

NEVES, L. M. W.; PRONKO, M. A.; MENDONÇA, S. R. de. **Capital Social**. Dicionário da Educação Profissional em Saúde/ Organizadores: Isabel Brasil Pereira e Julio César França Lima. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: EPSJV, 2008. Disponível em: <http://www.sites.epsjv.fiocruz.br/dicionario/Dicionario2.pdf> Acesso em: 20 jul. 2020.

NISSEN, J. M. Gender differences in self-efficacy states in high school physics. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 1, p. 013102, 2019. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.013102>. Acesso em: 24 set. 2021.

NOGUEIRA, C. M. M.; NOGUEIRA, M. A. A sociologia da educação de Pierre Bourdieu: limites e contribuições. **Educação & Sociedade** [online], v. 23, n. 78, pp. 15-35. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-73302002000200003>. Acesso em: 22 nov. 2020.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea no Brasil: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciência**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p.393-420, dez. 2009.

PERES, F. de F.; MELO, V. A. de. Espaço, lazer e política: desigualdades na distribuição de equipamentos culturais na cidade do Rio de Janeiro. **Educación, Educación Física**, Buenos Aires, n. 93, fev. 2006. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd93/rio.htm>. Acesso em: 30 abr. 2021.

PRICE WATER HOUSE COOPERS. **O abismo digital no Brasil**. 2022.

Disponível em: https://www.pwc.com.br/pt/estudos/preocupacoes-ceos/mais-temas/2022/O_Abismo_Digital.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

PLOTZ, T. (2016). Students' conceptions about radiation and what to do about them. **Physics Education**, 52. 10.1088/1361-6552/52/1/014004. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/52/1/014004>. Acesso em: 17 abr. 2020.

RAMINELLI, R.; FEITLER, B. Apresentação. **Tempo** [online], v. 16, n. 30, p. 13-19, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-77042011000100001>. Acesso em: 1 mai. 2021.

RAMOS, A. G. **Introdução crítica à Sociologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995.

REGO, F.; PERALTA, L. Portuguese students' knowledge of radiation physics. **Physics Education**, 41. 259, 2006. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/41/3/009>. Acesso em: 17 abr. 2020.

RESENDE, T. DE F. Dever de casa, espelho de desigualdades educacionais e sociais. **Educação em Revista**, v. 28, n. 3, p. 159-184, set. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-46982012000300008>. Acesso em: 2 fev. 2023.

RICHADSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**/Roberto Jarry Richardson; colaboração Dietmar Klaus Pfeiffer. 4. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Atlas, 2017.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Educação. **Currículo Carioca 2020 - Ciências**. Rio de Janeiro: SME, 2020. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10884553/4268545/CIENCIAS.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU-RJ). Instituto Pereira Passos. **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH), por ordem de IDH, segundo os bairros ou grupo de bairros - 2010** (XLS). Disponível em: <https://www.data.rio/documents/PCRJ::%C3%ADndice-de-desenvolvimento-humano-idh-municipal-por-ordem-de-idh-segundo-os-bairros-ou-grupo-de-bairros-no-munic%C3%ADpio-do-rio-de-janeiro-em-1991-2000-/about>. Acesso em: 12 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU-RJ). Instituto Pereira Passos. **Índice de Desenvolvimento Social (IDS) e seus indicadores constituintes, segundo as Áreas de Planejamento, Regiões de Planejamento, Regiões Administrativas e Bairros - Município do Rio de Janeiro – 2010**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/fa85ddc76a524380ad7fc60e3006ee97/about>. Acesso em: 12 nov. 2021.

ROSA, T. M.; GONÇALVES, F. de O.; FERNANDES, A. S. **Estratificação socioeconômica: uma proposta a partir do consumo**. 2014. Universidade Federal do Paraná. Fórum BNB Banco do Nordeste do Brasil, 2014. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/160445/226386/ss4_mesa4artigos2014 ESTRATIF ICACAO SOCIOECONOMICA UMA PROPOSTA PARTIR CONSUMO.pdf/fbbd77ab-e78c-4885-973f-a841a26ab49e. Acesso em: 13 nov. 2021.

SANTOS, A. C. F. dos. **Programa de disciplina**. Curso de Física das radiações I e II, 2019. Disponível em: <http://darnassus.if.ufrj.br/~toni/radiacoesIeII>. Acesso em: 23 mai. 2020.

SANTOS, C. A. dos. Uma história mal contada. **Revista Ciência hoje**, 2008. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/uma-historia-mal-contada/>. Acesso em: 21 jul. 2021.

SCHROEDER, C. A importância da física nas quatro primeiras séries do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online], v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000100015>. Acesso em: 25 fev. 2020.

SCHWARCZ, L. M. Teorias Raciais. SCHWARCZ. In: Lilia Moritz; DOS SANTOS GOMES, Flávio (Ed.). **Dicionário da escravidão e liberdade: 50 textos críticos**. Editora Companhia das Letras, 2018.

SILVA, R. A. da; MENEZES, J. de A. A interseccionalidade na produção científica brasileira. **Pesqui. prá. psicossociais**, São João del-Rei, v.15, n. 4, p. 1-16, dez. 2020. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-89082020000400010&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 21 fev. 2023.

SILVA; CAMPOS; ALMEIDA. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v.10, n. 19, p.46-61, ago-dez. 2013.

SILVA, D. N. G.; PEREIRA, M. V. Análise preliminar da temática radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do Ensino Fundamental. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA*, 19., 2011. Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0015-3.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SILVA, J. H. da; SÃO JOÃO, A. Bourdieu: escola e dominação. **Revista Filosofia, Ciência e Vida**, São Paulo, v. 95, p. 15-23, 2014.

SILVA, M. A. L.; SOARES, R. L. S. Reflexões sobre os conceitos de raça e etnia. Entrelaçando. **Revista Eletrônica de Culturas e Educação Caderno Temático: Educação e Africanidades**, n. 4, ano 2, p. 99-115, nov. 2011. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/revistaentrelacando/component/phocadownload/category/133?download=144>. Acesso em: 4 jul. 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. **Educação em Números**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www0.rio.rj.gov.br/sme/numeros.htm>. Acesso em: mai-jun/2020. Acesso em: 25 ago. 2021.

SOARES J. F.; SIQUEIRA, A. L. **Introdução à Estatística Médica**. 2. ed. Belo Horizonte: Coopmed, 2012.

STEELE, C. M. A threat in the air. How stereotypes shape intellectual identity and performance. **Am Psychol**, 52(6), 613-29, jun. 1997.

TASSONI, E. C. M. **A dinâmica interativa na sala de aula: as manifestações afetivas no processo de escolarização**. 2008. 242 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.12733/1606694>. Acesso em: 26 set. 2020.

TERINI, R. A. A História da Física Médica na formação do Físico Médico. **Revista Brasileira De Física Médica**, v. 12, n. 3, p. 2-6, 2018.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Anuário Brasileiro da Educação Básica 2018**. São Paulo: Moderna, 2018. Disponível em: https://todospelaeducacao.org.br/uploads/20180824-Anuario_Educacao_2018_atualizado_WEB.pdf?utm_source=conteudoSite. Acesso em: 29 mai. 2020.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. **Anuário Brasileiro da Educação Básica 2019**. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wpcontent/uploads/securepdfs/2020/10/Anuario-Brasileiro-Educacao-Basica-2020-web-outubro.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2020.

UNEP. **Radiação**: efeitos e fontes. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/544/544.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

UNESCO. **Cracking the code**: girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM), UNESCO, Paris, France, 2017. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>. Acesso em: 17 dez 2020.

UNESCO. **Ensino de Ciências**: o futuro em risco. Brasília: UNESCO; ABIPTI, 2005. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2020.

VASCONCELLOS, L.; GUEDES, L. **E-Surveys**: Vantagens e Limitações dos Questionários Eletrônicos via Internet no Contexto da Pesquisa Científica. 2007. Disponível em: <https://sistema.semead.com.br/10semead/sistema/resultado/trabalhosPDF/420.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

VIANNA, P. **Mapeamento da Vulnerabilidade Social em Áreas Residenciais na Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Gerência de Macroplanejamento, 2020. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/documents/91237/9ee972bf-d1ff-4ad9-84f9-b2be0d05f7a2>. Acesso em: 12 nov. 2021.

VIECHENESKI, J. P.; CARLETTO, M. C. Por que e para quê ensinar ciências para crianças. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Paraná, v.6, n.2, p.213-227, mai-ago. 2013. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1638/1046>. Acesso em: 18 abr. 2020.

VILLELA, R. **Equipamentos Culturais no Município do Rio de Janeiro e sua relação com o desenvolvimento**. 2019. Disponível em: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/556735_fba565bad5f84288a61f4eaaaa341b0e.html. Acesso em: 13 nov. 2021.

WACQUANT, L. Habitus. **Dicionário Bourdieu**/ Organizadores: Afrânio Mendes Catani, Maria Alice Nogueira, Ana Paula Hey; Cristina CARta Cardoso de Medeiros. 1º ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

WHEELAN, C. **Estatística**: o que é, para que serve, como funciona. Brasil: Zahar, 2016.

WILLIAMS, R. **Palavras-chaves**: Um vocabulário de cultura e sociedade; tradução de Sandra Gardini Vasconcelos. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2007.

ZAJAC, D. R. **A Pedagogia das Competências na lógica da aprendizagem: BNCC e a Nova Morfologia do Trabalho**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática). Universidade Federal do ABC, Santo André, 2020. Disponível em:

https://biblioteca.ufabc.edu.br/mobile/download.php?idioma=ptbr&acesso=web&codigo=79117&tipo_midia=2&iUsuario=0&obra=122084&tipo=1&downloadApp=1.

Acesso em: 20 set. 2021.

APÊNDICE A

Termo de consentimento

Figura 8: Folha A do termo de consentimento de participação da pesquisa em Física das radiações



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Programa de Pós-Graduação em Ensino De Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado Diretor/ Coord. Pedagógico/ Afins

Você, _____, como representante da instituição _____, sob o cargo de _____, está sendo convidado(a) a permitir a divulgação nas turmas do segundo segmento do ensino fundamental (9º ano) da pesquisa "**PESQUISA EM FÍSICA DAS RADIAÇÕES**", desenvolvida por Thalles Faleiro Delfim (DRE 11900074), discente de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sob orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos Fontes dos Santos.

Sobre o objetivo central

Promover uma pesquisa de campo sobre o conhecimento de Física das radiações no ensino fundamental II, especificadamente no 9º ano. Tal pesquisa tem o caráter de ser remoto, isto é, realizada via internet.

Sobre o motivo da escolha

É notório pela BNCC (Base Nacional Curricular Comum), que nos últimos anos do ensino fundamental leva-se em consideração, dentro da estrutura de formação de ma cidadão crítico, consciente e prosequinte de sua formação acadêmica o conteúdo de radiação e suas aplicações no cotidiano.

Sobre a contribuição para a pesquisa

A participação do discente do 9ºano é terminantemente necessária para o desenvolvimento dessa pesquisa. Consistirá em acessar e responder perguntas de um questionário on-line sobre Física de radiações e suas aplicações. A contribuição é voluntária, isto é, ela não é obrigatória, e, portanto, de autonomia do aluno participar ou não.

As informações requisitadas na pesquisa serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações. Ademais, qualquer dado que possa identificá-lo será

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Figura 2: Folha B do Termo de consentimento. Continuidade da descrição

omitido na divulgação dos resultados da pesquisa, e o material será armazenado em local seguro.

Sobre divulgação dos resultados da pesquisa

Os resultados da pesquisa serão divulgados em palestras dirigidas ao público participante, relatórios individuais para os entrevistados, artigos científicos e na dissertação/tese”.

Contatos para informações adicionais

Dados do pesquisador: Thalles Faleiro Delfim

Telefone: 98999-6144 E-mail: thalles.hung@gmail.com

Dados da instituição: Instituto de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia - bloco A - Cidade Universitária
- Rio de Janeiro - RJ – CP: 68528 - CEP: 21941-972

Mestrado profissional em Ensino de Física (MPEF)

Telefones: +55 (21) 3938-7271/ 3938-7187

Bloco A-329

E-mail: pef@if.ufrj.br

Nome e Assinatura do Pesquisador

_____, ____/____/____
Local data

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Assinatura do participante da pesquisa

Obs: Duas vias devem ser feitas, uma para o usuário e outra para o pesquisador

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

APÊNDICE B

Questionário sobre Física das radiações aplicado aos estudantes na escola pública e privada

Figura 3: À esquerda, "parte 1 - questões generalizadas" onde consta uma questão aberta imagética aberta e questões dicotômicas. À direita, mostra a sequências dicotômicas.

Pesquisa em Física das radiações para alunos do 9º ano do fundamental

Parte 1 - Questões generalizadas

O que essa imagem significa para ti? *



Sua resposta

Você já ouviu falar sobre radiação? *

Sim

Não

Você sabe a diferença entre radiação ionizante e não ionizante? *

Sim

Não

Todos os tipos de radiação produzem o mesmo efeito no corpo humano? *

Sim

Não

Você já ouviu falar em radioatividade natural? *

Sim

Não

O tipo de radiação usado na radiografia é o mesmo que aquele usado no micro-ondas? *

Sim

Não

Próxima

Página 1 de 4

Limpar formulário

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Figura 4: À esquerda, mostra a parte 2 do questionário sobre as fontes. À direita, parte 3 onde se encontram questões relacionadas ao tema aplicações das radiações.

Questionário - Parte 2

Sobre a identificação dos tipos de radiação

Selecione os tipos de radiação que você conhece. *

- Eletromagnética
- Raios-X
- Ultravioleta
- Raios Gama
- Luz Visível
- Raios Cósmicos

Selecione as fontes de radiação que você conhece. *

- Polônio
- Comida
- Solo
- Raios Cósmicos
- Sol

Voltar
PróximaPágina 2 de 4
Limpar formulário

Questionário - Parte 3

Tópicos mais relevantes sobre o tema

Atualmente, as pessoas são continuamente expostas a vários tipos de radiação. *

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

Todos os tipos de radiações têm as mesmas características. *

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

Na medicina, a radiação é usada em diagnóstico. *

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

Na medicina, a radiação é usada em terapia. *

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Figura 5: As figuras expõe a sequência de perguntas com base na estrutura da Escala Likert

<p>A radiação pode introduzir um câncer, mas também pode curá-lo. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>	<p>Diferentes seres vivos têm diferentes sensibilidades à radiação. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>
<p>Quanto ao uso da ressonância magnética nuclear na medicina. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>	<p>Além da da medicina, a radiação é usada na indústria, agricultura e produção. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>
<p>Radiações podem representar ameaças à vida humana. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>	<p>O Brasil possui usina de energia nuclear. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>
<p>O efeito da radiação é independente do órgão do corpo que absorve. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>	<p>O Brasil se utiliza de energia nuclear. *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Discordo totalmente <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Concordo totalmente</p>
<p>Voltar Próxima Página 3 de 4 Limpar formulário</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

APÊNDICE C

Questionário sobre Física das radiações utilizado nos momentos pedagógicos

Figura 6: Formulário de investigação dos conhecimentos dos alunos sobre Física das radiações. À esquerda, compõe a caracterização do perfil do aluno. À direita, a parte 1; questões mais gerais sobre o tópico.

Perfil do aluno

thalles.delfim@gmail.com (não compartilhado) Alternar conta

*Obrigatório

Qual sua idade? *

Sua resposta

Com qual gênero você se identifica? *

Feminino

Masculino

Prefiro não dizer

Como você classificaria quanto a sua cor? *

Preta

Branca

Parda

Oriental

Indígena

Você já repetiu o ano? *

Sim

Não

Próxima

Página 1 de 4 Limpar formulário

Questionário - Parte 1

O que essa imagem significa para ti? *



Sua resposta

Você já ouviu falar sobre radiação? *

Sim

Não

Você já ouviu falar sobre radioatividade? *

Sim

Não

Quando você ouve a palavra "RADIAÇÃO", o que você entende? O que isso te lembra? *

Sua resposta

Descreva o que você entende sobre "RADIOATIVIDADE". *

Sua resposta

Voltar Próxima

Página 2 de 4 Limpar formulário

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Figura 7: Parte 2 do questionário, à esquerda, sobre os tipos e fontes de radiação. À direita, sobre aplicação no cotidiano das radiações.

Perfilção do aluno
thalles.delfim@gmail.com (não compartilhado) Alternar conta
*Obrigatório

Questionário - Parte 2

Selecione os tipos de radiação que você conhece. *

- Eletromagnética
- Raios-X
- Ultravioleta
- Raios Gama
- Luz Visível
- Raios Cósmicos

Selecione as fontes de radiação que você conhece. *

- Polônio
- Comida
- Solo
- Raios Cósmicos
- Sol

Questionário - Parte 3

Tópicos mais relevantes sobre o tema

Atualmente, as pessoas são continuamente expostas a vários tipos de radiação. *

1 2 3 4 5
Discordo totalmente Concordo totalmente

A radiação é usada na medicina. *

1 2 3 4 5
Discordo totalmente Concordo totalmente

A radiação é usada na indústria, agricultura e produção de energia. *

1 2 3 4 5
Discordo totalmente Concordo totalmente

Brasil possui usina de energia nuclear. *

1 2 3 4 5
Discordo totalmente Concordo totalmente

Voltar Próxima Página 3 de 4 Limpar formulário

Voltar Enviar Página 4 de 4 Limpar formulário

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

APÊNDICE D

Material didático instrucional



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino De Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

SEQUÊNCIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS
NOÇÕES DE ONDULATÓRIA E FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Thalles Faleiro Delfim

Antônio Carlos Fontes dos Santos

Viviane Morcelle de Almeida

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Thalles Faleiro Delfim, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Março de 2023

SUMÁRIO

1. Apresentação.....	3
2. 1ª Sequência de ensino-aprendizagem	
Três momentos pedagógicos – Ondulatória	4
3. 2ª Sequência de ensino-aprendizagem	
Apresentação.....	29
Três momentos pedagógicos – Radiação.....	32
4. Referências das imagens.....	62

Apresentação

Caro professor,

Este material didático instrumental foi elaborado a partir da pesquisa realizada por esta dissertação, cujo tema se centra na Física das radiações abordada nos anos finais do ensino fundamental, em especial 9º ano. O material é constituído por sequências didáticas as quais têm suas bases de construção nos *Três Momentos Didáticos* de Delizoicov, Angot e Pernambuco (GIACOMINI e MÜENCHEN, 2018).

A primeira sequência didática cuida dos conceitos principais em ondulatória, a saber: definição de uma onda, classificação quanto a natureza da onda e as relações matemáticas presente em uma onda periódica. Na segunda sequência o tratamento é sobre o tema radiação e consiste em uma abordagem objetiva da definição, classificação e aplicação em vários setores da sociedade. Foi adicionado a essa sequência um pequeno conteúdo de aprofundamento sobre modelos atômicos e o fenômeno de ionização. Fica a critério do professor abordar ou declinar da abordagem deste conteúdo, sem prejuízo da sequência.

Ao fim de cada sequência possui um apêndice contendo as informações e acessos ao material oferecido por este produto educacional. Este material também é dotado de leituras complementares para que o professor tenha um maior aprofundamento e solidificação dos conceitos abordados.

1ª SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: NOÇÕES DE ONDULATÓRIA
SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DAS ATIVIDADES

Este material educacional é composto por três sequências didáticas para serem trabalhadas pelo professor de Ciências.

Objeto do conhecimento: Definição de oscilação, pulso e onda; classificação das ondas.

Metodologia: 3 Momentos Pedagógicos.

Duração: 6 aulas de 1 tempo cada (1 tempo = 50 min).

Resumo da Sequência Didática com base nos Três Momentos Pedagógicos

TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS			
Etapas	Nº de encontros	Tempo	Atividades propostas
Problematização inicial	2	2 tempos	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação dos conhecimentos prévios • Identificação dos fenômenos
Organização do conhecimento	2	2 tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação sistemática dos conceitos • Fixação dos conceitos
Aplicação do conhecimento	1	1 tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos conhecimentos na discriminação das ondas
TOTAL	5	5 tempos	5 Semanas

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

ESTRUTURA DOS ENCONTROS DO 1º MOMENTO PEDAGÓGICO

Problematização Inicial Sistematização das Atividades da problematização inicial da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
1º - Problematização inicial	1 tempo	Atividade 1 <ul style="list-style-type: none">• Nuvens de palavras (<i>Mentimeter</i>)• Reflexão sobre as nuvens de palavras	Projetor Computador Acesso à internet Celulares Caderno
2º - Problematização inicial	1 tempo	Atividade 2 <ul style="list-style-type: none">• <i>Gifs</i> para a distinção dos fenômenos.• Anotação das respostas e discussão	

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Tema: Verificação dos conhecimentos prévios - oscilações e ondas

Objetivo geral: Investigar o arcabouço conceitual geral a respeito do tema que os estudantes são possuidores.

Objetivo específico: Despertar o florescimento de alguns conhecimentos prévios por meio de questionamentos através de ferramentas digitais

Produzir um debate com os estudantes sobre os elementos emergidos dos seus conhecimentos prévios.

Avaliação:

- Da participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros
- A realização das atividades propostas.

1º Encontro – Problematização Inicial - Verificação dos conhecimentos prévios

Desenvolvimento

1. A atividade 1 consiste na construção subsequentes de três nuvens de palavras no aplicativo *Mentimeter* (Apêndice 1) com os respectivas questões: *a palavra oscilação tem relação com o quê? – defina 3 palavras; o que você pode relacionar ao termo pulso? – defina 3 palavras; o que te lembra quando ouve a palavra onda? – defina 3 palavras.* Pode haver a projeção das nuvens, de forma ordenada, para que os estudantes visualizem as respostas em favor da discussão com a turma. Tal atividade tem como propósito verificar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito dos conceitos de oscilação, pulso e onda.

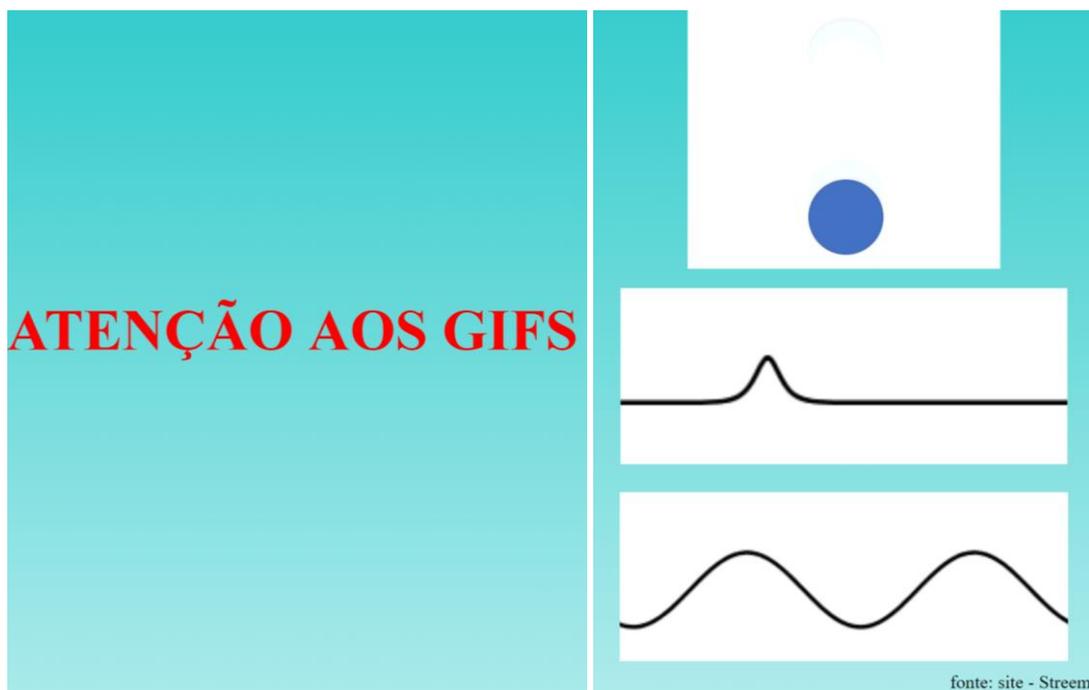
2º Encontro – Verificação dos conhecimentos prévios

Desenvolvimento

1. Para a atividade 2, os estudantes serão conduzidos a assistir à projeção dos slides (Apêndice 2) sobre oscilação, pulso e onda.

2. No momento anterior ao início da atividade 2, os estudantes são postos a se organizarem em grupos de 5 ou 6 membros com o propósito de debater a partir da visualização da imagem e dos *gifs*. Aqui o papel do professor é de estimulador, mediador e orientador das equipes, que por sua vez, elenquem as respostas e atribuam exemplos possíveis para cada imagem e *gif*.

Figura 9 – Imagem ilustrativa da atividade 2 com o uso dos *gifs* sugeridos no Apêndice 2



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

3. É desejável que o professor solicite aos grupos que entreguem, no fim da discussão, as respostas em folha separada, com a identificação dos componentes dos grupos e cabeçalho.

PONTOS IMPORTANTES PARA OS ENCONTROS

- Informar aos estudantes a fixação dos grupos ao longo dos encontros.
- Sugerir aos alunos que façam anotações durante a atividade, inclusive para ser entregue.
- A atividade do *Mentimeter* assim como os slides deve ser previamente aprontada para uso no encontro. (Apêndice 1 e Apêndice 2)
- Aprontar de maneira antecipada os slides, onde estão contidos os *gifs* para as atividades.

ESTRUTURA DOS ENCONTROS DO 2º MOMENTO PEDAGÓGICO

Organização do Conhecimento
Sistematização das Atividades da Organização do Conhecimento da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
1º- Organização do conhecimento	1 tempo	Atividade 3 Questões temáticas	Projektor Computador Acesso à internet
2º - Organização do conhecimento	1 tempo	Atividade 4 Atividade 5 Questões temáticas	Celulares Caderno

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Tema: Oscilações e ondas – Princípios básicos

Objetivo geral: Conhecer os conceitos definidores de oscilação e onda.

A importância do estudo de ondas no cotidiano

Objetivo específico: Apresentar o conceito de pulso e onda

Diferenciar e classificar os tipos de onda com relação a sua natureza.

Reconhecer e identificar elementos de uma onda periódica: período, frequência e comprimento de onda.

Compreender a relação inversa entre frequência e período.

Apresentar a equação que relaciona a velocidade de propagação da onda com seu comprimento de onda e frequência.

Disponibilizar o resumo dos encontros. Resumos que se encontram no Apêndice 3

Avaliação: Far-se-á de maneira formativa e ocorrerá ao longo do processo, com a consideração:

- Da participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros
- A realização das atividades propostas.

1º Encontro – Organização do conhecimento

Desenvolvimento

1. Iniciar a aula mostrando a figura da tela “Corvos no campo de trigo” de Vicente Van Gogh de 1890 como estopim para a discussão da definição e característica dos conceitos do tema.

Figura 10 - Campo de trigo com corvos - Vicent Van Gogh(1890)



Fonte: Wikipédia, 2023

Soma-se a contemplação da imagem com a leitura do texto “Aprenda Física Brincando”²⁹:

A garota diz: “Não é interessante isso que estamos vendo? Nenhuma dessas hastes tem pernas que as levem pelo campo, mas as espigas parecem correr.”

O rapaz explica: “É que as hastes, tocadas pelo vento, inclinam-se, empurrando as hastes vizinhas; estas também se inclinam, empurrando as hastes seguintes e assim sucessivamente.”

3. A partir dos dois elementos anteriores, inicia-se uma discussão sobre uma característica importante da onda: o transporte de energia e não de matéria.

4. É possível, a partir dessa apresentação, lançar mão dos conceitos de oscilação, pulso e onda, em sendo:

²⁹Adaptado de Perelman, J. Aprenda Física Brincando. SP, Hemus, 1970. APUD Silveira, 2017

Oscilação: é a variação de uma grandeza em função do tempo.

Pulso: é uma perturbação única que se propaga no meio em que foi gerado.

Onda: propagação de energia em uma região do espaço através de uma perturbação.

Propriedade fundamental: A onda não transporta matéria, e sim, energia.

5. Sugere-se voltar à discussão no trato da formação dessas ondas.

6. Sugere-se conduzir a abordagem em relação à classificação das ondas segundo a natureza, dessa forma, podemos diferenciar as ondas mecânicas das ondas eletromagnéticas conforme a necessidade ou não de um meio material para se propagarem. Com base na definição, a apresentação de exemplos é fundamental na compreensão do tema pelos estudantes.

Classificação:

- Natureza

Mecânica: é a propagação de energia mecânica através de partículas de um meio material, sem que essas partículas sejam transportadas. Uma onda mecânica nunca se propaga no vácuo. Exemplos: ondas em uma corda, ondas sonoras e ondas na superfície d'água.

Figura 11 - Os toques dos dedos perturbam a superfície da água. Essas perturbações, ao se propagar, constituem-se em ondas.

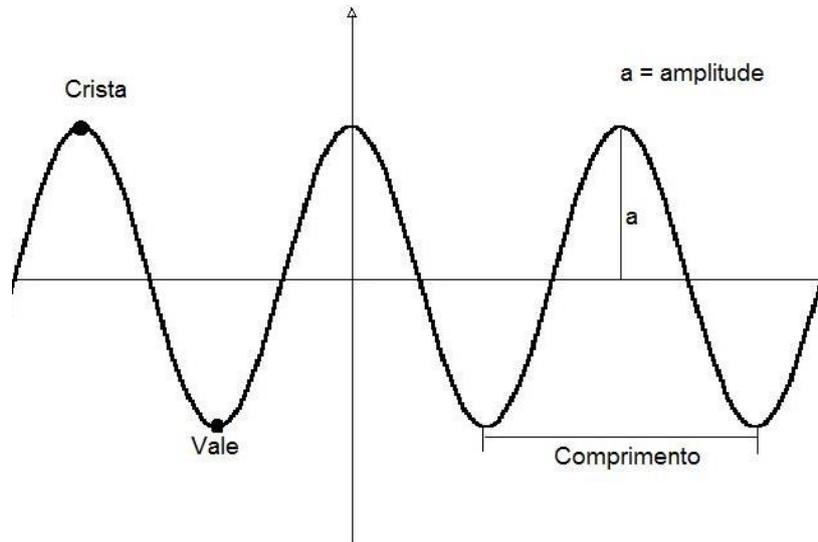


Fonte: Wikipédia, 2023

Eletromagnética: é a propagação conjunta dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo, essa onda tem origem na aceleração de cargas elétricas. Tal onda não necessita de um meio material para se propagar. Ela no vácuo se propaga com velocidade próxima de 300.000 km/s. Porém, essa propagação pode ocorrer em certos meios materiais, contudo com velocidade menor que 300.000 km/s. Exemplos: luz solar, ondas de rádio, ondas responsáveis pelo funcionamento dos aparelhos celulares e os raios-X.

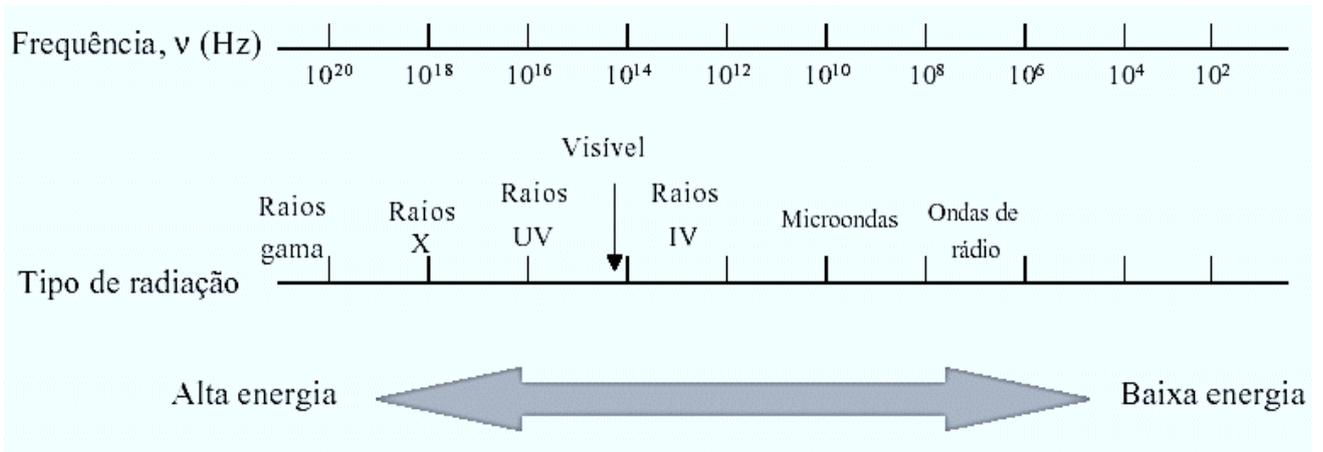
7. Por fim deste 1º encontro, sugere-se o uso da atividade 3 como fixação dos conceitos vistos.

Figura 12 - Representação esquemática de uma onda eletromagnética



Fonte: Wikipédia, 2023

Figura 13 - Espectro eletromagnético é o conjunto de todas as ondas eletromagnéticas.



Fonte: IFSUL, 2023

Atividade 3

Questões Temáticas - Busque responder as questões a seguir com base no 1º encontro.

1. O som emitido pela buzina de um carro é uma onda mecânica ou eletromagnética?

2. Utilizamos o forno de micro-ondas para aquecer certos alimentos. As ondas emitidas neste equipamento são mecânicas ou eletromagnéticas?

3. Se o compartimento do forno de micro-ondas fosse a vácuo, ao colocar milho para pipoca nesse equipamento, seria possível ouvir o barulho do estouro dos grãos?

4. Ao fazer uma ligação com nosso aparelho celular, ele vai se comunicar com uma antena por meio de que tipo de onda: mecânica ou eletromagnética?

5. No espaço, seria possível observarmos outros corpos ou explosões?

6. Seria possível ouvir uma explosão no espaço?

7. Analise as proposições a seguir. Em seguida, julgue e assinale V – verdadeiro ou F – falso para as proposições.

- () O som é um onda mecânica.
- () A luz é uma onda eletromagnética.
- () A luz pode ser onda mecânica.
- () O som pode propagar-se na água.
- () O som pode propagar-se no vácuo.

2º Encontro – Organização do conhecimento

Desenvolvimento

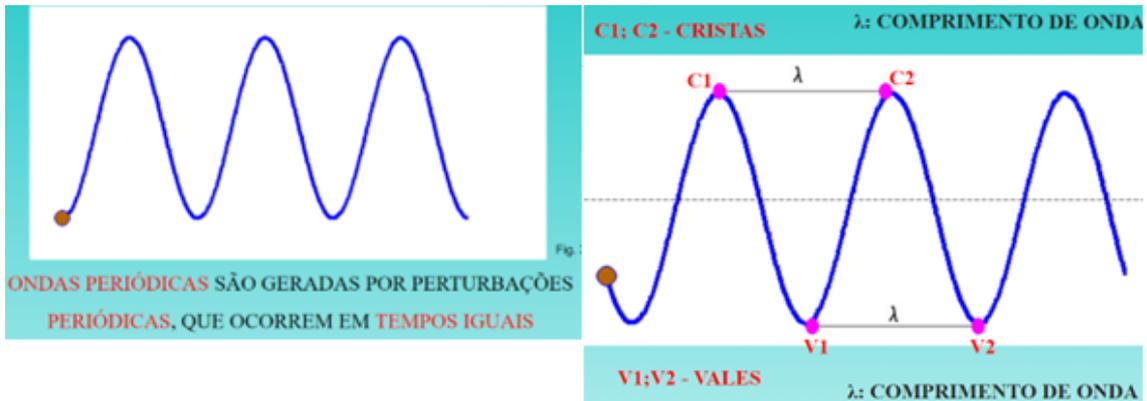
1. Neste último encontro do 2º momento pedagógico, é interessante explorar a construção progressiva do conhecimento realizada. Para tanto, sugere-se a utilização do slide no Apêndice 2.
2. Inicie o encontro recordando o conceito onda construído anteriormente. A partir da sequência de gifs denominada “processo periódico” será ampliado a discussão para processos periódicos que geram ondas (ondas periódicas).
3. Nessa ocasião, busque definir o conceito de período e, por conseguinte, o conceito de frequência, a saber:

Período: Tempo necessário para a ocorrência de um fenômeno. Para as ondas, é o tempo de duração de uma oscilação completa. (Unidade: segundo)

Frequência: Taxa de repetição de um fenômeno por unidade de tempo. No caso das ondas, é o número de oscilações ocorrido por intervalo de tempo. (Unidade: Hertz (Hz)).

4. Sugere-se que conduza os estudantes a uma atividade, atividade 4, a fim de que contribua com sua compreensão dos conceitos anteriormente vistos.
5. Estabelecido a definição de uma onda periódica e as características de período e frequência de uma onda, é desejável mostrar a representação clássica de uma onda periódica, assim como seus elementos.
6. É desejável conduzir os estudantes a apreciação da equação da velocidade de propagação de uma onda. O intuito é levar o estudante à percepção da relação que toda onda periódica, seja ela mecânica ou eletromagnética, tem sua velocidade de propagação em um meio homogêneo relacionada ao produto do seu comprimento de onda nesse meio pela sua frequência.

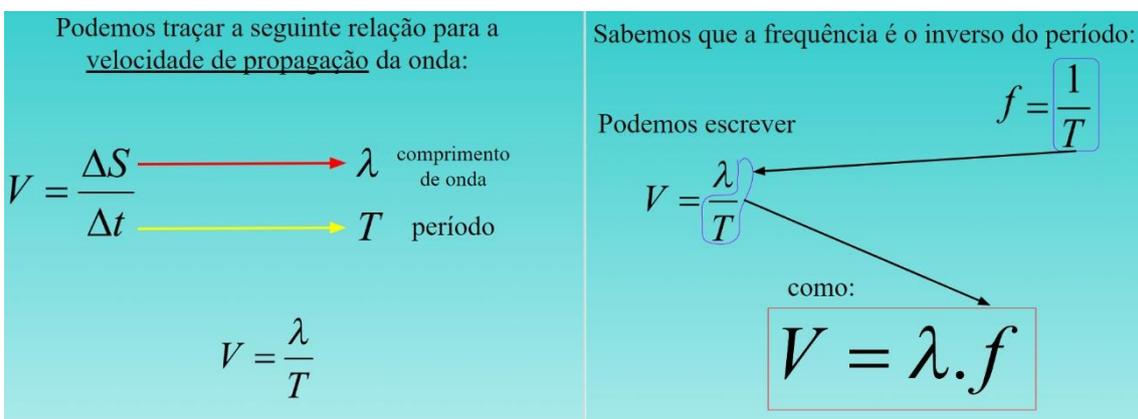
Figura 6 - Slides que mostrando a concepção clássica de uma onda periódica e suas características.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Velocidade de propagação: A rapidez com a qual uma onda passar por um determinado ponto.

Figura 7 - Sugestão de slides que trabalha a equação da velocidade de propagação de uma onda



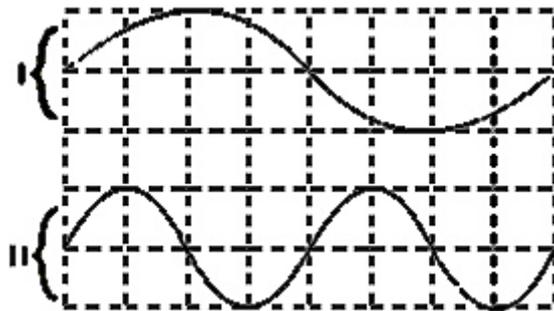
Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

7. Por fim deste 2º encontro, é desejável o uso da atividade 5 como fixação dos conceitos vistos pelos estudantes.

Atividade 4

Questões Temáticas - Busque responder as questões a seguir com base no 2º encontro.

1. A figura a seguir mostra duas ondas que se propagam em cordas idênticas (mesma velocidade de propagação)



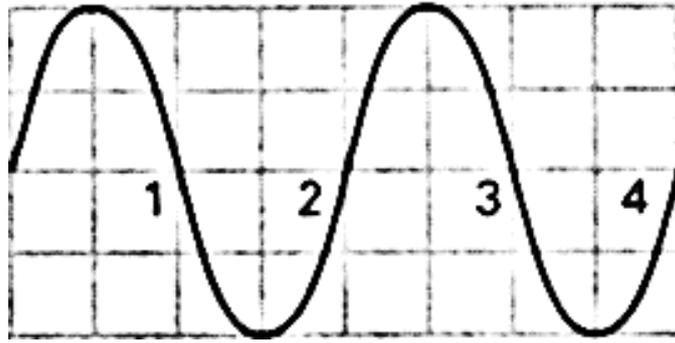
Fontes: Elaborado pelo autor pesquisador

Classifique com V - verdadeiro ou F - falso as proposições a seguir.

- () A frequência em I é menor que em II e o comprimento de onda em I é maior que em II.
- () O comprimento de onda em ambas é o mesmo e a frequência em I é maior que em II
- () A frequência e o comprimentos de onda são maiores em I
- () As frequências são iguais e o comprimento de onda é maior em I

2. Os braços de uma pessoa que participa da "ola" em estádios demora 2s para subir e descer no ar. Qual a frequência para o sobe e desce dos braços?

3. A figura mostra o perfil de uma onda periódica de frequência 200 Hz, que se propaga numa corda. (Dado: cada lado dos quadradinhos no fundo vale 0,5 m)



Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Determine, para essa onda:

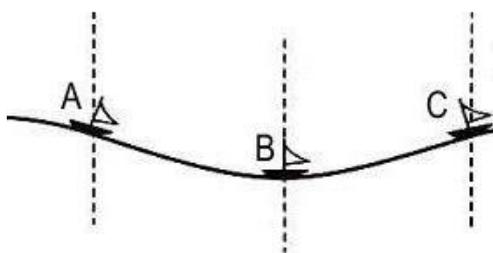
- a) o período
- b) o comprimento de onda

4. Uma régua presa à mesa por uma de suas extremidades é posta para vibrar com uma frequência de 300 Hz. Com base nos seus conhecimentos, determine o período de vibração desta régua.

Atividade 5

Questões Temáticas - Busque responder as questões a seguir com base no 2º encontro.

1. Uma embarcação realiza movimentos verticais devido à passagem de ondas periódicas por ele, como ilustrado a seguir.

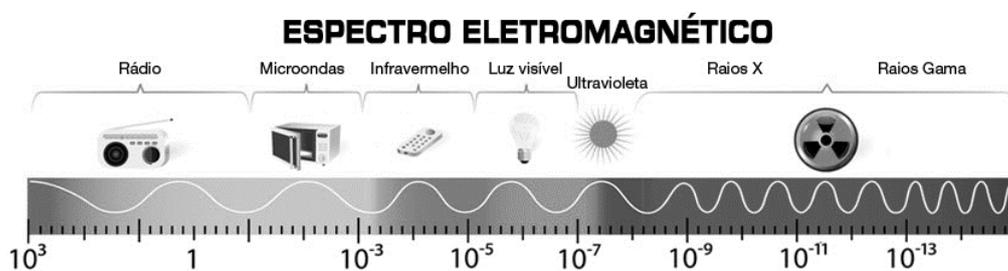


Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Considere que a velocidade das ondas seja igual a 5 m/s e que o espaço entre AB e BC seja 50 m cada parte. Determine a frequência desta onda.

2. Uma estação de rádio opera com frequência de 400 kHz (1000x Hz). Sabe-se que a velocidade das ondas eletromagnéticas no ar é de 3×10^8 m/s. Qual é o comprimento das ondas utilizadas por essa estação de rádio?

3. O diagrama a seguir representa o espectro de ondas eletromagnéticas. Analisando as informações podemos afirmar que:



Fonte: https://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/

Analise as proposições e assinale com V - verdadeiro ou F - falso

- () o maior comprimento de onda corresponde aos raios gama.
- () a frequência das micro-ondas é menor que a frequência das ondas de rádio.
- () o raio X tem comprimento de onda menor que os raios ultravioleta.
- () as ondas infravermelhas possuem frequências maiores que as frequências da luz visível.

Familiarização com as fórmulas.

$$\text{Frequência} = \frac{1}{\text{período}}$$

$$f = 1/T$$

$$\text{Período} = \frac{1}{\text{frequência}}$$

$$T = 1/f$$

5. Determine a frequência, em hertz, para cada um dos períodos estabelecidos a seguir:
- (a) 0,15 s, (b) 4 s e (c) 1/20 s
6. Determine o período, em s, para cada uma das frequências estabelecidas a seguir:
- (a) 15Hz, (b) 0,5 Hz e (c) 80 Hz

$$\text{Velocidade da onda} = \text{frequência} \times \text{comprimento de onda}$$

$$v = f\lambda$$

7. Qual será a rapidez de propagação de uma onda na água se a frequência for 3 Hz e o comprimento de onda for 2,5 m ?
8. Com qual rapidez se propaga uma onda sonora de 250 Hz, e comprimento de onda de 0,5 m?

ESTRUTURA DO ENCONTRO DO 3º MOMENTO PEDAGÓGICO

Aplicação dos conhecimentos
Sistematização das Atividades da Aplicação do Conhecimento da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
Aplicação do conhecimento	1 tempo	Atividade 6 Questões temáticas	Projetor Computador Acesso à internet Celulares Caderno
		Atividade 7 Questões temáticas	
		Atividade 8 Questões temáticas	

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Tema: Aplicação do conhecimento - oscilações e ondas

Objetivo: Formalizar o conhecimento adquirido nas etapas anteriores

Avaliação: Leva em consideração:

- A participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros
- A realização das atividades propostas.

Encontro único – Aplicação do conhecimento

Desenvolvimento

1. Este último momento pedagógico é o instante para abordar, neste caso, os conhecimentos incorporados pelos estudantes nos episódios pedagógicos anteriores.
2. O momento da aplicação do conhecimento será aditivado por intermédio de três atividades (6, 7 e 8) online.
3. Sugere-se iniciar este momento pedagógico com um diálogo com os grupos de estudantes por meio das três questões postas no 1º MP:

A palavra oscilação tem relação com o quê?

O que você pode relacionar ao termo pulso?

O que te lembra quando ouve a palavra onda?

4. Após a breve discussão como os grupos é desejável conduzi-lo à atividade 6. Tal atividade é composta de dois vídeos com duas questões colocados em sequência e que estão relacionados com os vídeos. Essa atividade foi elaborado com base em um formulário online, cujo link de acesso é:

http://gg.gg/ATIVIDADE6_3MP



5. Na sequência das atividades, os grupos são orientados para a atividade 7. Ela é composta de algumas questões abertas que se utilizam de tirinhas cujos temas orbitam a temática de ondas. A atividade está depositada no link:

http://gg.gg/ATIVIDADE7_3MP

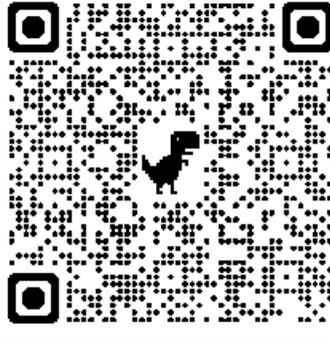


Figura 8 - Imagem da atividade 6 e 7

The image shows two side-by-side screenshots of digital activity pages. The left page, titled 'ATIVIDADE 6', includes a header, a text area with instructions, a 'NOME DOS INTEGRANTES' field, a video player showing a Ferris wheel, and a text area for a short answer. The right page, titled 'ATIVIDADE 7', includes a header, a text area with instructions, a 'NOME DOS INTEGRANTES' field, and a cartoon illustration of a boy playing drums with a thought bubble that says 'O ESTUDO DAS ONDAS SONORAS É FÍSICA.' Below the cartoon is a text area for a short answer.

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

6. Após o término da atividade 7, aconselha-se que os grupos de estudantes sejam direcionados à última atividade. Esta atividade requer uma desenvoltura pelo professor e os grupos de alunos, pois, na atividade 8 será concebida a utilização de um simulador que tem o propósito de pôr em evidência a relação das características de uma onda, tal como foi vista nos momentos anteriores. A atividade pode ser encontrada no link ou acessada por meio do *QR code* abaixo:



Figura 9- Imagens da atividade 8.

ATIVIDADE 8

Caros estudantes,

O grupo deve ler, discutir e realizar as atividades da seção A e B
Boa atividades

thalles.delfim@gmail.com [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado

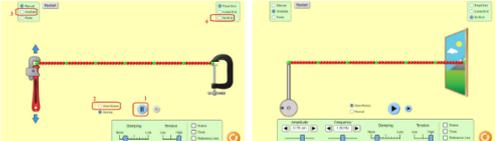
* Indica uma pergunta obrigatória

Nome do integrantes *

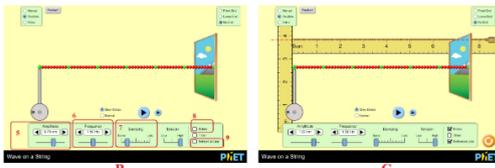
Sua resposta

CLIQUE NO [LINK 1](#) PARA ACESSAR O SIMULADOR.
DEPOIS, SIGA AS INSTRUÇÃO PARA REALIZAR A ATIVIDADE.
https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html

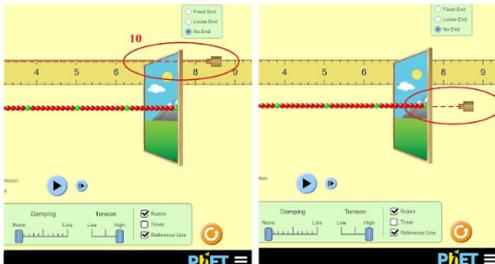
INSTRUÇÃO 1:
Depois de abrir o simulador, clique em:
1 - Para congelar a simulação;
2 - Mude para "*slow motion*" ("devagar");
3 - Mude para "*oscillate*" ("oscilador");
4 - Mude para "*No end*" ("sem fim").



INSTRUÇÃO 2:
Depois de realizar a **INSTRUÇÃO 1** clique em:
5 - Mudar "**Amplitude**" ("amplitude") de 0,75 cm para 1,00 cm;
6 - Mudar "**Frequency**" ("frequência") de 1,50 Hz para 1,00 Hz;
7 - Mudar "**Damping**" ("amortecimento") para "**None**" ("Sem");
8 - Clique em "**Rules**" ("régua");
9 - Clique em "**Reference line**" ("Linha de referência").



INSTRUÇÃO 3:
Depois de realizar a **INSTRUÇÃO 2**, faça o:
10 - Ajuste a linha de referência no centro da corda vermelha.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

PONTOS IMPORTANTES PARA ATIVIDADES

- Caberá ao professor posicionar-se como mediador das atividades
- Caberá ao professor preparar de maneira antecipada a apresentação das atividades.
- Também será encargo do professor disponibilizar o link de acesso às atividades.
- Caberão aos grupos executarem as atividades, em que, pelo menos um membro do grupo possua celular com conexão à internet.

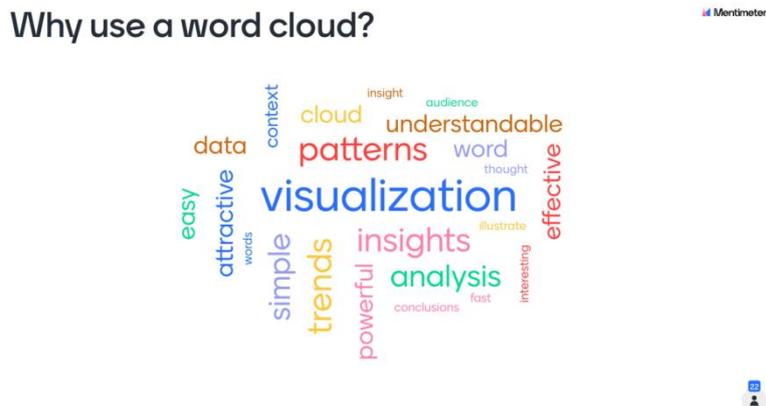
APÊNDICE 1 – ACESSO AO *MENTIMETER* (NUVEM DE PALAVRAS)

O *Mentimeter* é uma página que tem por função conjugar uma nuvem de palavras a partir de um estímulo inicial (frase, pergunta etc.)

Para seu acesso é necessário:

1. Entrar no site pelo endereço <https://www.mentimeter.com/>.
2. Realizar um cadastro – rápido e fácil.
3. Feito isso, agora, é possível criar a nuvem de palavra através do passo a passo destrinchado nesse curto vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=pWrkrSmarvM>.
4. Tendo feitos os passos anteriores, disponibilize o acesso à atividade para os estudantes por meio de um link ou via *QR Code*.

Figura 10- Exemplo de uma nuvem de palavras



. Fonte: Mentimeter, 2023.

APÊNDICE 2 – MATERIAL DIGITAL

	Nome	MP	Link
Slides	1º Encontro	2º	http://gg.gg/1ENCONTRO-2MP
	2º Encontro	2º	http://gg.gg/3ENCONTRO-2MP
Atividades	Atividade 2	1º	http://gg.gg/ATIVIDADE_1_1MP
	Atividade 3	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE_3_2MP
	Atividade 4	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE_4_2MP
	Atividade 5	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE_5_2MP
	Atividade 6	3º	http://gg.gg/ATIVIDADE_6_3MP
	Atividade 7	3º	http://gg.gg/ATIVIDADE_7_3MP
	Atividade 8	3º	http://gg.gg/ATIVIDADE_8_3MP

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

APÊNDICE 3 – RESUMO DE AULA

	Nome	MP	Link
Resumo	1º Encontro	2º	http://gg.gg/RESUMO1-1ENCONTRO-2MP
	2º Encontro	2º	http://gg.gg/RESUMO3-2ENCONTRO-2MP

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

LEITURA COMPLEMENTAR 1

BERTULANI, Carlos. Movimento ondulatório. Ondas1, 1999. Disponível em <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html>. Acesso em: 06 de abril de 2023.

2ª SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: NOÇÕES DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Apresentação

Idealizamos essas atividades experimentais como um pequeno conjunto de ferramentas de corroboração da sequência didática proposta por esse trabalho voltada aos anos finais do ensino fundamental, em específico o 9º ano. A amplitude dos assuntos abordados nessas atividades está assentada em algumas características das radiações. Tal tema é indicado, pela BNCC, na unidade temática *Matéria e Energia*, onde os *objetos de conhecimento* e *habilidades* constam na Tabela 1. Não temos a pretensão de tornar este material como tendo fim nele mesmo, mas oferecer um instrumento, adjacente à sequência dos três momentos didáticos, flexível às necessidades de cada contexto escolar.

Tabela 1 - Unidade temática - Matéria e Energia concernente ao 9º ano dos Anos Finais do ensino fundamental. Fonte: Brasil 2017, p. 350 - 351

Unidade temática	Objeto de conhecimento	Habilidades
Matéria e Energia	Aspectos quantitativos	(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica. (EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.
	Estrutura da matéria	(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

	<p>Radiação e suas aplicações na saúde</p>	<p>(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.</p> <p>(EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.</p> <p>(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raios-X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.</p> <p>(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raios-X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).</p>
--	--	---

Fontes: Elaborado pelo autor-pesquisador

As atividades, na oportunidade deste trabalho, se deram no ensejo da segunda parte do primeiro momento pedagógico (*problematização inicial*) da sequência, cujo objetivo foi de investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da identificação de um material radioativo (com auxílio de um instrumento de medição), da precisão da diferença entre algo ter sido irradiado ou contaminado e, por fim, da influência da distância até a fonte. Todavia, a execução dessas atividades pode ser alocada ao sabor da escolha do professor. Podem, por exemplo, buscar aproximar dos estudantes as características do fenômeno das radiações (anteriormente apresentadas)

com fim de servir de aplicação do conhecimento adquirido, ou como parte prática de organização do conhecimento etc.

A organização dessas atividades compõe-se de maneira sequencial, cumulativa e estabelecem uma apresentação de manipulação simples e prática; com vias a aguçar a percepção dos alunos para os fenômenos que se apresentam em cada etapa da atividade, no intuito de prospecção dos seus conhecimentos. Nos apêndices possuem as informações e links sobre o instrumento utilizado, bem como informações de uso e alternativas de equipamento. Possuem também alternativas de fonte de radiação e textos para leitura complementar do professor.

Figura 11. Potes contendo areia simples (1), areia monazítica (2) e contador Geiger (3); todos os materiais utilizados nas atividades experimentais.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

2ª SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: NOÇÕES DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES
SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DAS ATIVIDADES

Este material educacional é composto por sequências didáticas para serem trabalhadas pelos professores de Ciência.

Objeto do conhecimento:

Definir o conceito de radiação;

Classificar as radiações segundo os aspectos ondulatórios;

Elevar os alunos à compreensão da relação da frequência com a energia;

Definir o conceito de radioatividade e suas classificações.

Metodologia: três momentos pedagógicos.

Duração: 6 aulas de 1 tempo cada (1 tempo = 50 min).

Resumo da Sequência Didática com base nos Três Momentos Pedagógicos

TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS			
Etapas	Nº de encontros	Tempo	Atividades propostas
Problematização inicial	2	2 tempos	<ul style="list-style-type: none">• Verificação dos conhecimentos prévios• Percepção dos fenômenos
Organização do conhecimento	2	2 tempo	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação sistemática dos conceitos• Fixação dos conceitos

Aplicação do conhecimento	1	1 tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação dos conhecimentos na discriminação das radiações
TOTAL	5	5 tempos	5 Semanas

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

ESTRUTURA DOS ENCONTROS DO 1º MOMENTO PEDAGÓGICO

Problematização Inicial

Sistematização das Atividades da problematização inicial da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
1º - Problematização inicial	1 tempo	Atividade 1 <ul style="list-style-type: none"> • Questionário sobre Física das radiações. • Discussão sobre as radiações no cotidiano (tipos, fontes e aplicações). 	Projetor Computador Acesso à internet Celulares Caderno
			Contador Geiger
2º - Problematização inicial	1 tempo	Atividade 2 <ul style="list-style-type: none"> • Atividades experimentais 	Fonte de radiação

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Tema: Verificação dos conhecimentos prévios sobre Física das radiações

Objetivo geral:

Investigar o arcabouço conceitual geral a respeito do tema que os estudantes são possuidores.

Objetivo específico:

Despertar o florescimento de alguns conhecimentos prévios por meio de questionamentos através de ferramentas digitais – formulário *online*.

Desenvolver a realização de atividades experimentais de simples execução que contribua com a manifestação, ainda que tácita, daquilo que os alunos conhecem sobre o tema

Avaliação:

Da participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros

A realização das atividades propostas.

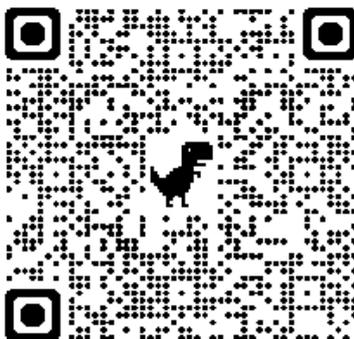
1º Encontro – Problematização Inicial - Verificação dos conhecimentos prévios

Desenvolvimento

1. A atividade 1 promoverá a participação dos alunos em questionário sobre Física das radiações. O acesso se dará através do link:

<http://gg.gg/ATIVIDADE1-CONCEPCOES>

Ou pelo *QR code*:



Convém estender aos estudantes despossuídos dos meios de acesso à internet a participação no questionário. Dessa forma, é desejável a projeção do formulário, no

formato de imagem (Apêndice 1), e a coleta das respostas dos estudantes em folha separada.

Figura 12 - Imagem do formulário de Física das radiações. Questionário para aquisição dos conhecimentos prévios dos alunos do 9º ano.

Pesquisa em Física das radiações para alunos do 9º ano do fundamental

Parte 1 - Questões generalizadas

[Faça login no Google](#) para salvar o que você já preencheu. [Saiba mais](#)

* Indica uma pergunta obrigatória

Você já ouviu falar sobre radiação? *

Sim
 Não

O que essa imagem significa para ti? *



Sua resposta _____

Você sabe a diferença entre radiação ionizante e não ionizante? *

Sim
 Não

Todos os tipos de radiação produzem o mesmo efeito no corpo humano? *

Sim
 Não

Você já ouviu falar em radioatividade natural? *

Sim
 Não

O tipo de radiação usado na radiografia é o mesmo que aquele usado no micro-ondas? *

Sim
 Não

Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

2. Sugere-se a geração de diálogos a fim de localizar os percalços do conhecimento dos estudantes. . Para tanto, o professor poderá lançar mão de questões sobre os tipos de fontes de radiação, das aplicações contextualizadas das radiações, além das exposições cotidianas a vários tipos de radiações. Aqui o papel do professor é de estimular, mediar e orientar das equipes, que por sua vez, elenquem as respostas e atribuam exemplos possíveis para questionamento oferecido. Essa atividade tem o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre Física das radiações.

2º Encontro – Verificação dos conhecimentos prévios

Desenvolvimento

1. Para a execução da atividade 2, os estudantes serão orientados a se organizarem em grupos de 5 ou 6 elementos com a intenção de realizarem as atividades experimentais (Apêndice 2). Estas atividades experimentais estão segmentadas e ordenadas em uma sequência tal que o objetivo seja destacar algumas das características das radiações.
2. As atividades estão elencadas na Tabela 2 juntamente com os conceitos físicos característicos das radiações que tem interesse de observação e norteiam as atividades, além dos tempos médios propostos para a execução.

Tabela 2 - Atividades experimentais elaboradas e aplicadas na sequência didática

Atividade	Conceito abordado	Tempo de execução	Ordem sequencial
Identificar radiação	Emissão de radiação	10 a 15 min	1º
A maçã “tá” contaminada?	Identificar a diferença entre irradiado e contaminado	10 a 15 min.	2º
Distância até a fonte	Lei do inverso do quadrado da distância	10 a 15 min.	3º

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

PONTOS IMPORTANTES PARA OS ENCONTROS

- Informar os alunos a fixação dos grupos, se necessário for, ao longo dos encontros.
- A atividade 1, da parte que compete a exposição dos questionário, deve ser previamente aprontada pelo professor para uso no encontro.

- É conveniente ao professor a leitura do Apêndice 2 onde estão dispostos as informações e orientações para cada atividade experimental.
- É desejável que o professor solicite aos grupos que entreguem, no fim das discussões, as respostas em folha separada, com cabeçalho e identificação dos componentes do grupo.
- Sugerir aos alunos que realizem anotações para si durante a atividade 2 para além daquela que será entregue pelo grupo.

ESTRUTURA DOS ENCONTROS DO 2º MOMENTO PEDAGÓGICO

Organização do Conhecimento
Sistematização das Atividades da Organização do Conhecimento da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
1º- Organização do conhecimento	1 tempo	Atividade 3 Questões temáticas	Projektor Computador
			Acesso à internet
2º - Organização do conhecimento	1 tempo	Atividade 4 Questões temáticas	Celulares Caderno

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Tema: Radiação eletromagnética e corpuscular

Objetivo:

Aproximar do estudante o conteúdo sistematicamente organizado.

Contribuir no fortalecimento a conexão entre o conteúdo organizado e o estudante

Compreender o espectro eletromagnético e os parâmetros de classificação.

Avaliação:

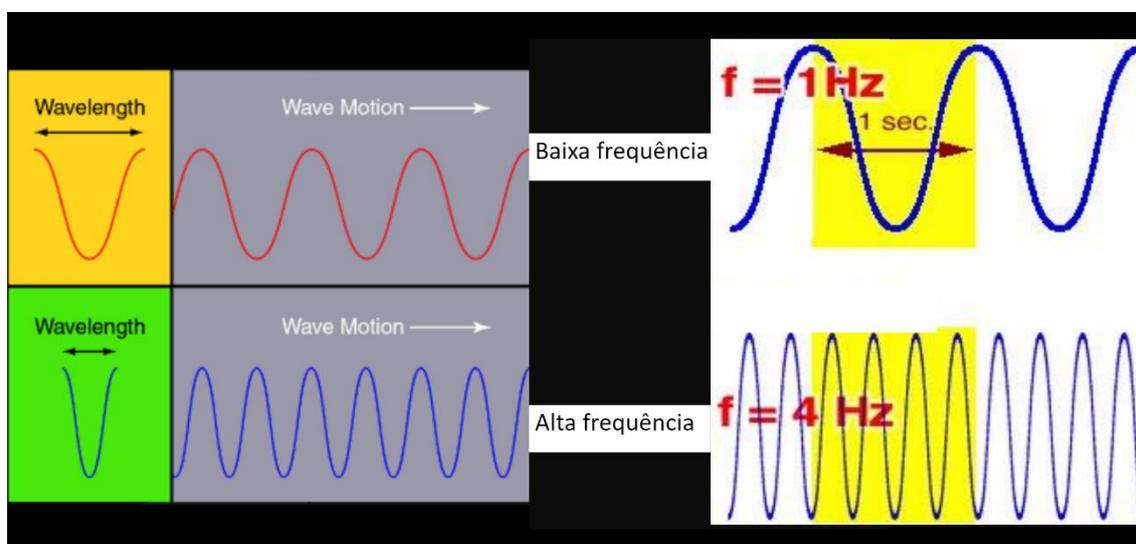
Far-se-á de maneira formativa e ocorrerá ao longo do processo, com a consideração:

- Da participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros
- A realização das atividades propostas.

1º Encontro – Organização do conhecimento Desenvolvimento

1. Sugere-se que o professor conduza os estudantes ao conceito de radiação, em seguida, a apresentação conceitual dos tipos de radiação, fazendo destaque para a radiação eletromagnética. Oferece-se como material digital os slides de apresentação contidos no Apêndice 3.
2. Convém que o professor resgate o conceito de frequência junto aos estudantes.

Figura 13 - Imagem da sequência de slides sobre o conceito de frequência empregado a uma onda.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

3. Apresentar o espectro eletromagnético como tabela de organização das radiações eletromagnéticas.

4. Conduzir a apresentação do conceito de que a radiação eletromagnética transporta energia e interage com a matéria de forma diferente, dependendo da frequência e da matéria. (Apêndice 4 – leitura complementar 2).

5. Por fim deste 1º encontro, é desejável o direcionamento para a atividade 3 como fixação dos conceitos vistos pelos estudantes.

Atividade 3

1. Quais são as propriedades da onda eletromagnética (velocidade, comprimento de onda e frequência) que determinam sua posição no espectro eletromagnético.

2. Uma onda eletromagnética cujo comprimento é de 550 nm ($\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$) é uma onda visível? Se sim, indique a possível cor.

3. Considere três tipos de onda eletromagnética: ondas de rádio, raios X e infravermelho. Indique qual dessas três ondas apresenta a maior e a menor frequência. Organize essas ondas da de menor energia para a maior energia.

4. Considere três tipos de onda eletromagnética: ultravioleta, micro-ondas e raios gama. Indique qual dessas três ondas apresenta o maior e o menor comprimento de onda. Organize essas ondas da de menor energia para a maior energia.

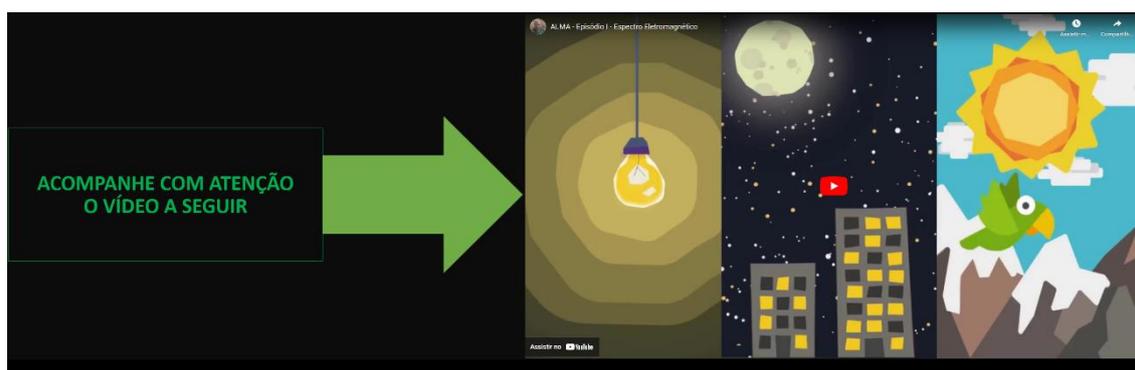
5. A transmissão FM é utilizada pelas estações emissoras para transmissão de rádio FM. Essa faixa compreende ondas de cerca de 88 MHz a 108 MHz ($\text{MHz} = 10^6 \text{ Hz}$). Considerando que a velocidade de propagação dessas ondas é 300.000.000 m/s, calcule o intervalo dos comprimentos de onda da faixa do FM.

2º Encontro – Organização do conhecimento

Desenvolvimento

1. Sugere-se que o professor conduza os estudantes a assistirem o vídeo “ALMA – ep.1 – espectro eletromagnético” que está contido na apresentação em slides no Apêndice 4.

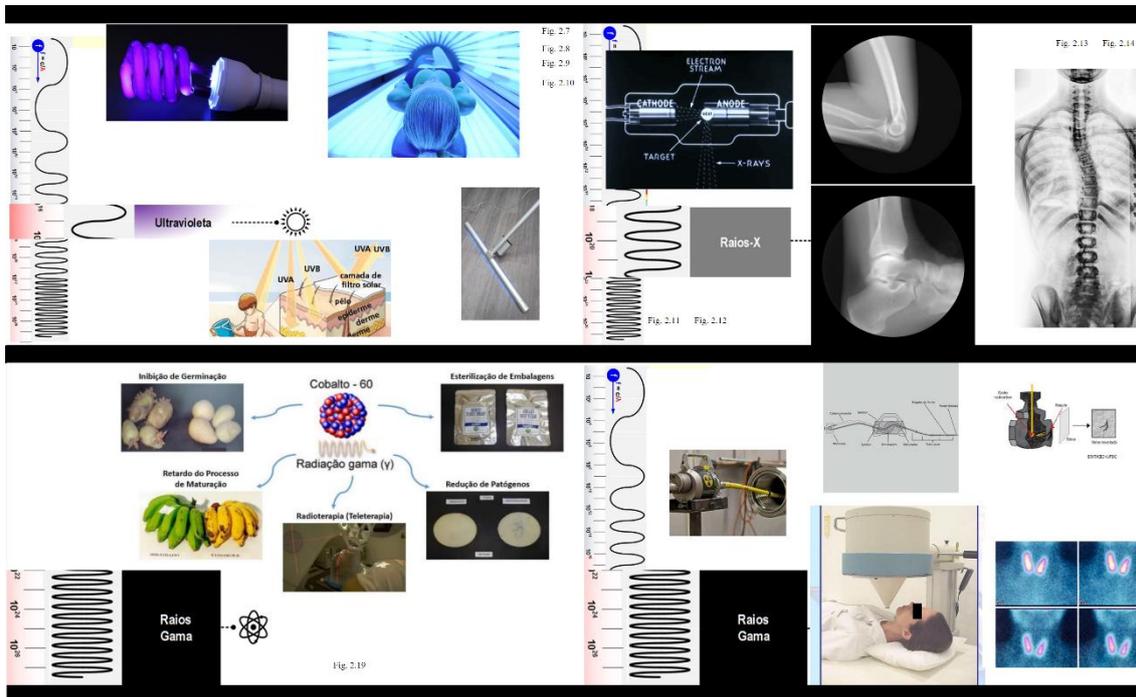
Figura 144 - Imagem da sequência de slides onde está o vídeo de interesse desta sequência didática.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

2. É conveniente que o professor conduza a apreciação, em específico, do espectro eletromagnético. Para tanto, se faz necessário recobrar, junto aos estudantes, que a organização das radiações em função de suas frequências. Também vale a pena recobrar a relação entre a frequência de uma radiação eletromagnética e a energia a ela associada.
4. Sugere-se que o professor faça a apresentação da composição do espectro eletromagnético seguindo a escala crescente das frequências das radiações, lançando mão de nomenclaturas e exemplos de aplicações tecnológicas.

Figura 15. Reúne as diversas exemplificações sobre a categoria das radiações ionizantes e suas aplicações no cotidiano do ser humano



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

5. Por fim deste 2º encontro, é desejável o direcionamento para a atividade 4 como fixação dos conceitos vistos pelos estudantes.

Atividade 4

1. Em um dia de verão, as cidades das regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil sofrem com a exposição aos índices de radiação ultravioleta. Pela análise do espectro magnético associada aos conhecimentos da Física das radiações, busque explicar por que esses índices de radiação podem ser nocivos aos humanos.

2. (Enem – modificada)

“Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.”

WENDLING, M. Sensores. Disponível em: www.2.feg.unesp.br. Acesso em 26 abril 2023

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência.

3. O que são radiações?

4. Tanto os raios gama quanto os raios X podem ser utilizados na área de saúde para o tratamento de tumores em áreas da Saúde. Quais são as diferenças entre esses dois tipos de radiação eletromagnética?

5. Quais são as outras aplicações importantes dos raios X?

6. Enumere de forma crescente os tipos de radiação abaixo conforme a frequência, sendo 1 – a menor frequência e 5 – a maior frequência.

- | | |
|------------------------|------------------------|
| () Ultravioleta | () Ondas de rádio |
| () Micro-ondas | () Raios gama |
| () Infravermelho. | |

7. Observe a tirinha abaixo:

Frank & Ernest Bob Thaves



Tirinha sobre ondas eletromagnéticas, raios-x, chapa fotográfica - extraída de:
http://tirinhadejornal.blogspot.com/2012/06/frank-ernest-bob-thaves_28.html

Com base na interpretação da tirinha, para qual onda eletromagnética do espectro ela está se referindo?

3º Encontro – Organização do conhecimento

Desenvolvimento

1. É interessante a apresentação aos estudantes da definição de radiação corpuscular/nuclear com a utilização do material contido no Apêndice 5. Em seguida, dos tipos de radiação nuclear e exemplificações.

Figura 16 - Imagem da sequência de slides sobre radiação corpuscular dentro do 3º Momento Pedagógico.

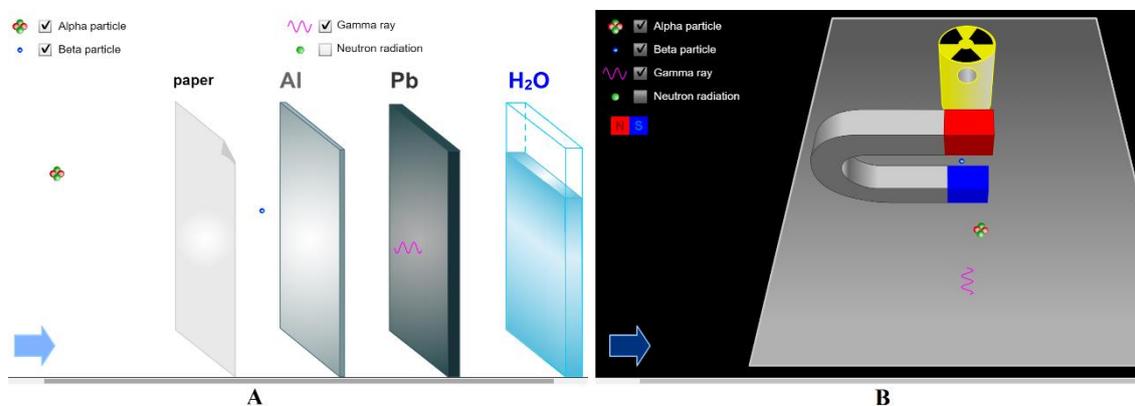


Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

2. Depois, é conveniente passar para o tema sobre poder de penetração das radiações nucleares.

3. Como sugestão, o professor poderá fazer uso do simulador contido no Apêndice 6. A utilização de tal simulador tem a pretensão de auxiliar na compreensão das características básicas das radiações corpusculares.

Figura 17 - Imagem do simulador em que a figura do lado esquerdo (A) mostra a capacidade de penetração das radiações corpusculares. A figura do lado direito (B) comporta a simulação das características diante de um ímã



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

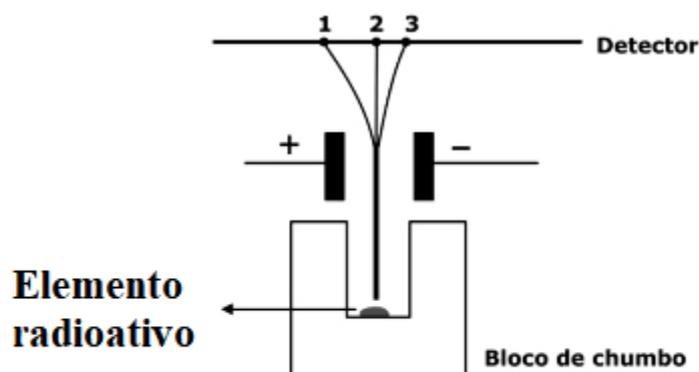
4. Caberá ao professor salientar, junto aos estudantes, a percepção da presença cotidiana das radiações natural e artificial.
5. Trazer a discussão sobre a aplicação da radiação na indústria alimentícia.
6. Por fim deste 2º encontro, é desejável o direcionamento para a atividade 5 como fixação dos conceitos vistos pelos estudantes

Atividade 5.

1. (Enem-2017) O avanço científico e tecnológico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer. A aplicação citada no texto se refere a qual tipo de radiação?

- a) Beta. b) Gama. d) Raios X. d) Ultravioleta

2. A figura a seguir representa o resultado de um experimento que testou o efeito de um campo eletromagnético sobre as radiações emitidas por um elemento radioativo.



Analisando a figura e conhecendo a natureza de cada uma das radiações que podem ser emitidas por um átomo, podemos afirmar que:

- a) A radiação que atinge o ponto 2 é a alfa.
b) A radiação que atinge o ponto 3 é a gama.
c) A radiação que atinge o ponto 1 é a beta.
d) A radiação γ (gama) é composta por dois prótons e dois nêutrons e sofre desvios pelo polo negativo do campo elétrico, por isso, atinge o detector no ponto 3.

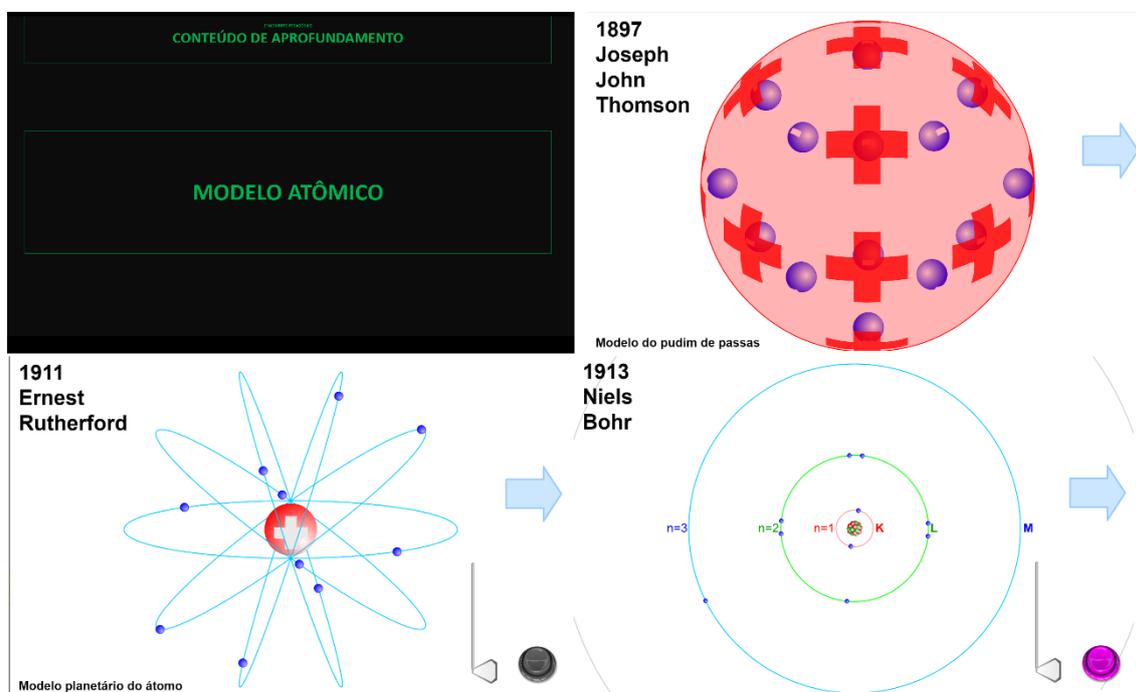
3. A compreensão das propriedades de interação das radiações com a matéria é importante para: operar os equipamentos de detecção, conhecer e controlar os riscos biológicos sujeitos à radiação, além de possibilitar a interpretação correta dos resultados dos radioensaios.

CONTEÚDO DE APROFUNDAMENTO

Este conteúdo de aprofundamento é direcionado em torno do conceito de ionização. Posto que sua apresentação aos estudantes estará condicionado a disponibilidade de tempo do professor e/ou as variáveis dentro do seu planejamento didático. Fica a sugestão.

1. No conteúdo de aprofundamento, caberá ao professor conduzir os estudantes ao conceito de ionização. Seja como primeiro contato, seja como lembrança.
2. No atendimento desse objetivo, o professor deverá apresentar (ou reapresentar) os modelos atômicos, bem como de seus constituintes, a saber: elétrons, prótons e nêutrons. Além de suas regiões de ocupação.
3. Para contribuir na apresentação é sugerido leitura do material digital 2 somado a manipulação da simulação (que repousa sob o link do Apêndice 7) que representa os modelos atômicos. É sugerido a ida até o modelo de Bohr.

Figura 18 - Imagem da sequência de slides onde está evidenciado os modelos atômicos com o uso do simulador para essa apresentação.

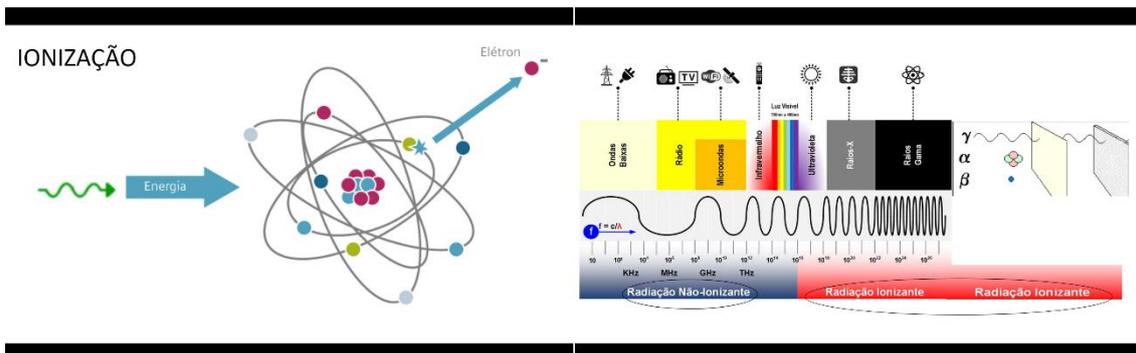


Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

4. Na sequência, é desejável que o professor apresente o conceito de ionização, sob a tutela da apresentação da sequência de slides do Apêndice 3.

5. Reapresentação do espectro eletromagnético segundo a classificação de energia ionizante e não-ionizante.

Figura 19 - Imagem da sequência de slides sobre o modelo de ionização e classificação das radiações conforme a energia da radiação: não-ionizante e ionizante.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Atividade 1 – Conteúdo de aprofundamento

1. Caracterize o modelo atômico de Thomson.

2. Caracterize o modelo atômico de Rutherford.

3. Caracterize o modelo atômico de Bohr

4. Leia as colunas a seguir a faça a associação dos modelos atômicos

() Átomos possuem elétrons que se movimentam ao redor do núcleo limitado de órbitas circulares.

() Átomos são de carga elétrica positiva, que apresenta elétrons uniformemente distribuídos.

() Átomos possuem um pequeno núcleo com carga elétrica positiva e uma eletrosfera, com carga elétrica negativa.

1 - Modelo atômico de Thomson

2 - Modelo atômico de Rutherford

3 - Modelo atômico de Bohr

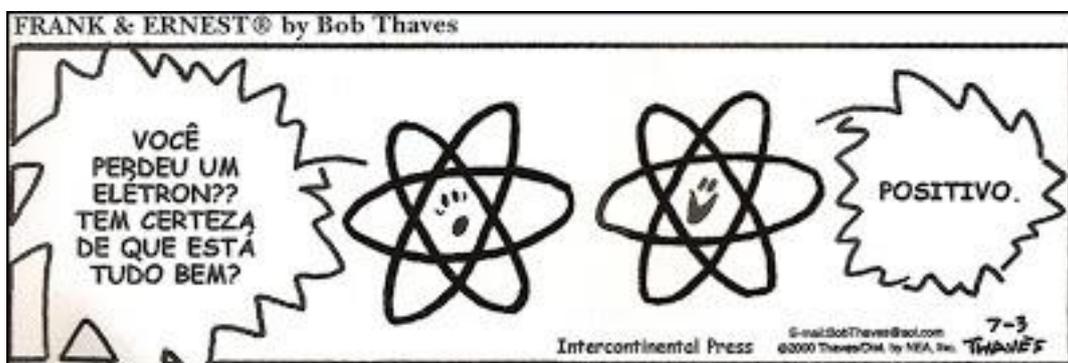
5. (UFG) Observe o trecho da história em quadrinhos a seguir, no qual há a representação de um modelo atômico para o hidrogênio.



Tirinha sobre modelos atômicos, átomo, partículas atômicas efeito fotoelétrico, fóton - disponível em: <https://artedafisicapid.blogspot.com/2020/09/watchmen-divulgacao-cientifica-e-ensino.html>

Qual o modelo atômico escolhido pela personagem no último quadrinho? Explique-o.

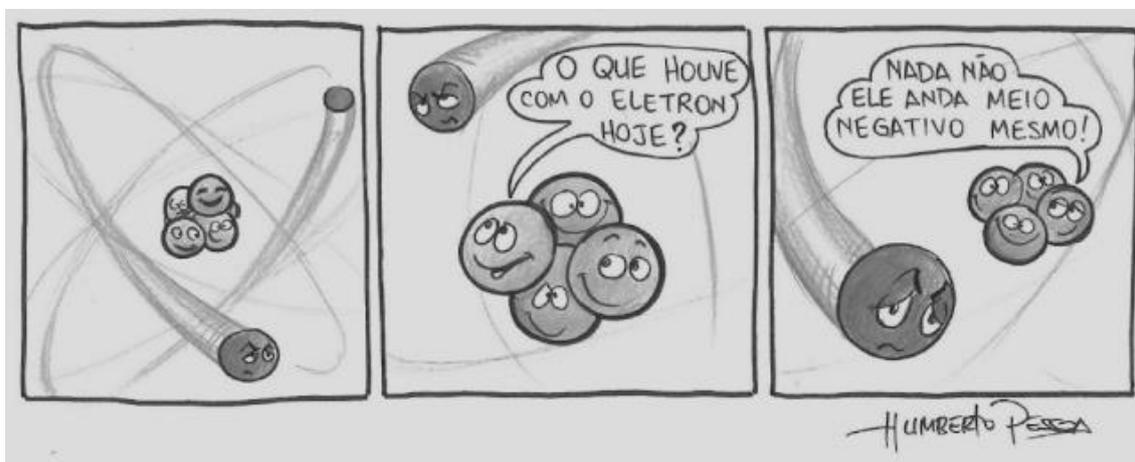
6. Observe a tirinha a seguir.



Tirinha sobre modelos atômicos, átomo, partículas atômicas efeito fotoelétrico, fóton - extraída de <http://jornalbioquimicap.blogspot.com/2012/12/humor.html>

Com base na história da tirinha e supondo que o átomo tenha sofrido por um processo de ionização. Como podemos chamar o resultado sofrido por esse átomo?

7. Observe a tirinha a seguir.



Tirinha sobre modelos atômicos, átomo, partículas atômicas efeito fotoelétrico, fóton - extraída de <http://jornalbioquimicap.blogspot.com/2012/12/humor.htm>

Com base na história da tirinha e supondo que o átomo tenha sofrido por um processo de ionização. Como podemos chamar o resultado sofrido por esse átomo?

ESTRUTURA DO ENCONTRO DO 3º MOMENTO PEDAGÓGICO

Aplicação dos conhecimentos
Sistematização das Atividades da Organização do Conhecimento da Sequência didática

Encontro	Tempo	Desenvolvimento	Recursos
Aplicação do conhecimento	1 tempo	Debate sobre a aplicação de diversas formas de radiação em nosso cotidiano expondo prós e contras.	Projektor Computador Acesso à internet Caderno

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

Tema: Aplicação do conhecimento - oscilações e ondas

Objetivo: Formalizar o conhecimento adquirido nas etapas anteriores

Avaliação: Leva em consideração:

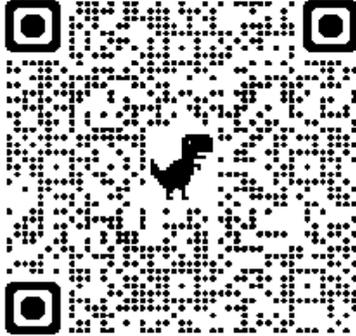
- A participação e capacidade argumentativa do estudante nos encontros
- A realização das atividades propostas.

Encontro único – Aplicação do conhecimento

Desenvolvimento

1. Faz-se a sugestão que o professor retome os grupos dos estudantes e inicie um debate com o objetivo de levar os estudantes à percepção e a canalização da ideia de que às radiações, naturais ou artificiais, estão manifestas na cotidianidade. Para a exposição do debate, sugere-se retomar algumas perguntas questionário, presentes no apêndice 3.
2. Peça os grupos que anotem em folha separada as respostas para as questões.
3. É desejável que o professor gere um debate sobre as principais aplicações das radiações em vários setores da sociedade em que os grupos exponham seus prós e contras. Para tanto, faz-se a sugestão de retomar algumas perguntas do questionário, em específico da parte 3 que fala sobre as aplicações em setores da sociedade.
4. Sugere-se que o professor lance mão do questionamento sobre a aplicação das radiações na indústria alimentícia.
5. É conveniente recordar o experimento “a maçã ‘*tá*’ contaminado” realizado durante o 1º momento pedagógico.
6. Retorno às discussões do tema como forma de apreciação da aplicação do conteúdo; ajuste de possíveis equívocos de posicionamentos e explicações. Solicite aos grupos a entrega da folha que foi separada para as respostas dos grupos durante a realização do debate.

APÊNDICE 1 – LINK DO FORMULÁRIO DO QUESTIONÁRIO

Questionário sobre Física das radiações	
Descrição	Acesso
Link para o questionário	http://gg.gg/ATIVIDADE1-CONCEPCOES
Qr code para o questionário	

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

APÊNDICE 2 – MATERIAIS USADOS NA EXECUÇÃO DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS, ORIENTAÇÕES E ALTERNATIVAS DE AQUISIÇÃO

Na Tabela a seguir contém os links para as orientações para o professor das atividades experimentais.

	Ordem	Nome	Orientações (link)
Experimentações	1º	Identificar radiação	http://gg.gg/ATIVIDADE-1-1MP
	2º	A maçã tá contaminada?	http://gg.gg/ATIVIDADE-2-1MP
	3º	Distância até a fonte	http://gg.gg/ATIVIDADE-3-1MP

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

2.1 DO MATERIAL UTILIZADO

Salientamos que o material utilizado por esta dissertação foi adquirido por intermédio do empréstimo por determinado período compreendido para execução das atividades e tal empréstimo foi realizado pelo orientador, prof. Dr. Antônio Carlos. Temos a ciência de que materiais experimentais têm o seu custo e, para o bem ou mal, podem onerar o professor e afins.

Portanto, descreveremos os materiais necessários para a realização das atividades práticas citadas nesta dissertação, bem como a forma de aquisição e, também, materiais semelhantes. Colocamos em evidência que toda esta exposição é para a apreciação do professor, garantindo aprofundamento no tema.

MEDIDOR GEIGER

Também denominado detector Geiger, é um instrumento de medida que permite a verificação de radiação ionizante, porém não é capaz de discriminar a energia da radiação, mas somente verificar a sua existência.

Figura 20: Contadores/detectores Geiger. A imagem A mostra um aparelho Geiger convencional utilizado na indústria. A imagem B é uma versão portátil do contador Geiger.

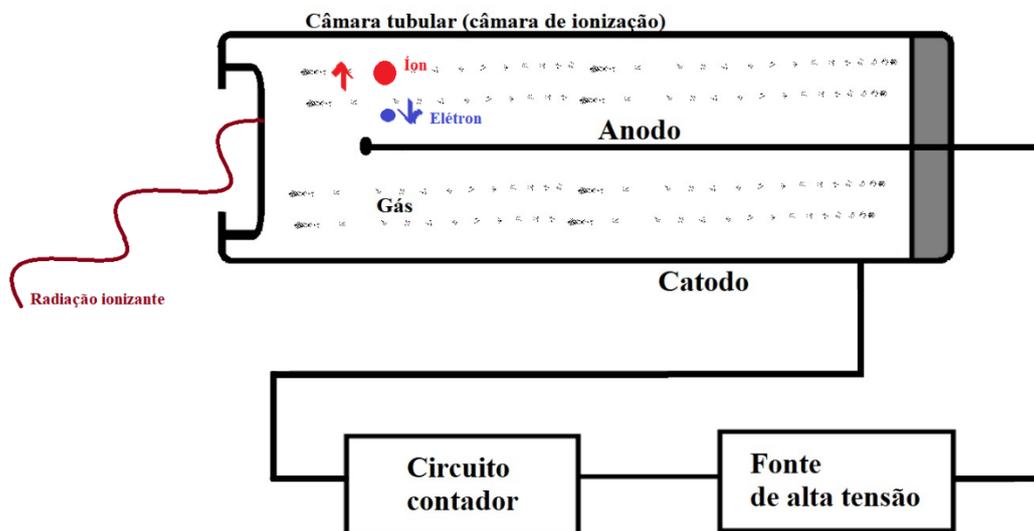


Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Ele está em uma categoria de detectores conhecida como detectores de ionização - são aqueles em que para o seu funcionamento utilizam o sinal elétrico gerado pela passagem de uma partícula no interior de um reservatório (câmara de ionização).

Dessa forma, um aspecto essencial do fundamento do contador Geiger é possuir uma sonda tubular contendo um gás a baixa pressão e dois eletrodos de polaridades opostas em cuja diferença de potencial é da ordem de 1000 V. Neste caso, os eletrodos estão dispostos: 1 - em uma geometria cilíndrica formando as paredes de contenção da câmara carregada negativamente; 2 - na forma de um fio posicionado no eixo central da câmara carregado positivamente (figura 22)

Figura 22 – Esquemática do funcionamento do contador Geiger



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Quando a radiação ionizante penetra no tubo, ela ioniza o gás, isto é, tem capacidade de arrancar os elétrons dos átomos e, assim, dando origem a uma corrente elétrica. Quando no gás, esses elétrons livres produzidos são suficientemente acelerados para poder ionizar muitos outros átomos, resultando em um efeito cascata de ionização, uma descarga elétrica. Essa descarga se dá entre o cilindro de contenção (catodo) e o fio central (anodo), e se manifesta como um pulso elétrico. A detecção de um pulso equivale a detecção da radiação; o pulso elétrico aciona um contador e/ou um alto-falante. Se houver muitos pulsos elétricos detectados, esses equivalem à intensidade da radiação captada.

O aparelho utilizado pelo trabalho foi o detector Geiger Gamma-Scout, *modelo w/Alert*. (figura 23), ele pode ser encontrado em <https://www.gammascout.com/products/geigercounter-gamma-scout-alert>. Para a apreciação do aparelho é necessário que o professor conheça suas funções básicas. Nessa intenção foi preparado um passo a passo de utilização básica, que poderá ser acessado pelo link http://gg.gg/MEDIDORGEIGER-UTILIZA-O_BASICIA. Para algum conhecimento mais aprofundado do funcionamento do aparelho medidor, deixamos um acesso ao manual que se encontra em castelhano e inglês: http://gg.gg/MEDIDORGEIGER_MANUAL.

Figura 21 – Instrumento de medição contador Geiger modelo Gamm-Scout w/Alert.



Fonte: Elaborado pelo autor-pesquisador

Como alternativa ao contado Geiger utilizado no trabalho, oferecemos o detector de radiação YYQTGG (figura 24), modelo *YYQTGG30zm2aufwy5535*. O instrumento, assim como as especificações do medidor, pode ser encontrado em: <http://gg.gg/MEDIDORGEIGER-YYQTGG>

Figura 22 – Imagens dos detectores Geiger comerciais oferecidos como alternativa ao usado pela dissertação



Fonte: Amazon e Mercado Livre

Outro instrumento a ser oferecido é o detector Geiger Generic, *modelo Geiger couter* (figura 24). O medidor pode ser encontrado em: http://gg.gg/MEDIDORGEIGER-GENERIC_GEIGER_COUTER

Uma última alternativa de medidor Geiger é aquele contido no trabalho de PEREIRA (2014). Trata-se da montagem de um contador Geiger a partir da aquisição de um kit de eletrônica com a base na plataforma Arduino, um tubo Geiger e um GPS. A leitura do trabalho, bem como a instrução da aquisição dos componentes e a montagem do instrumento podem ser encontrados em: http://gg.gg/MEDIDORGEIGER-PEREIRA_2014

Figura 23 – Montagem do contador Geiger com componentes eletrônicos e tubo de Geiger.



Fonte: PEREIRA, 2014.

FONTE DE RADIAÇÃO

Para o trabalho desenvolvido foi utilizado uma fonte de baixo teor de radiação, tal fonte foi a areia monazítica oriunda da praia de Guarapari, no Espírito Santo. Contudo, na ausência ou na impossibilidade de obtenção desta fonte de radiação, ela poderá se substituído pela micro fonte calibrada de Cs-137 vendida pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nuclear (IPEN) encontrada no sítio eletrônico https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=35&campo=1620.

Figura 24 - Imagens das fontes de radiação. À esquerda, a areia monazítica. À direita, a fonte calibrada de CS-137.



. Fontes: Elaborado pelo autor pesquisador e IPEN, 2023.

APÊNDICE 3 – MATERIAL DIGITAL

	Nome	MP	Link
Slides	1º Encontro	2º	http://gg.gg/1ENCONTRO_2MP
	2º Encontro	2º	http://gg.gg/2ENCONTRO_2MP
	3º Encontro	2º	http://gg.gg/3ENCONTRO_2MP
	Conteúdo de aprofundamento	2º	http://gg.gg/CONTDEAPROF_2MP
Atividades	Atividade 3	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE3_2MP
	Atividade 4	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE4_2MP
	Conteúdo de aprofundamento	2º	http://gg.gg/ATIV_CONT_DE_APROF_2MP
	Atividade 5	2º	http://gg.gg/ATIVIDADE5_2MP

Fonte: Elaborado pelo autor pesquisador

APÊNDICE 4 – LEITURA COMPLEMENTAR 2 E 3

2. O quantum de energia e o caráter dual da natureza da luz. Disponível em: http://gg.gg/LEITURA-COMPLEMENTAR_2
3. Física das radiações: conceituação, breve histórico e tipos de radiação. Disponível em: http://gg.gg/LEITURA-COMPLEMENTAR_3

FONTE DAS FIGURAS UTILIZADA

SEQUÊNCIA PEDAGÓGICA - ONDULATÓRIA

Fig. 1.1 - Campo de trigo com corvos - https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f3/Vincent_van_Gogh_%281853-1890%29_-_Wheat_Field_with_Crows_%281890%29.jpg/525px-Vincent_van_Gogh_%281853-1890%29_-_Wheat_Field_with_Crows_%281890%29.jpg. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.2 - Própria do autor

Fig. 1.3 - Ejemplo de un pulso - <https://steemitimages.com/0x0/https://i.imgur.com/jV1EAs1.gif>. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.4 - Ejemplo onda periódica - <https://steemitimages.com/0x0/https://i.imgur.com/q63qSul.gif>. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.5 - Las particulas en los puntos sobre las cuerda - <https://steemitimages.com/0x0/https://i.imgur.com/NzWIRnO.gif>. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.6 - <https://emisorasunidas.com/eunew/wp-content/uploads/2018/07/dedos1.jpg>. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.7 - gotas de água - <https://gifs.eco.br/wp-content/uploads/2022/07/gifs-animados-de-gotas-de-agua-4.gif>. Acesso: 4/04/2023

Fig. 1.8 - Variación de presión sonora y logitud de onda - https://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/acustica/presentaciones/fisica/ondas/img/tubo_seno.gif. Acesso: 4/04/2023

Fig. 1.9 - Electromagnetic wave 3D - <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Electromagneticwave3D.gif>. Acesso: 4/04/2023

Fig. 1.10 - Distância Terra-Sol - <http://clubes.obmep.org.br/blog/wp-content/uploads/2013/07/Solterra.png>. Acesso: 4/04/2023

Fig. 1.11- Espectro eletromagnético - <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~denise/transmissaodocalor/espectro.gif>. Acesso: 4/04/2023.

Fig. 1.12 - Placa de pare - https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/1040648/placa_de_regulamentacao_pare_r_1_515_1_9e370e7a14444e658ca6c711159e9b6b.jpg. Acesso: 4/4/2023

Fig. 1.13 - Placa de sentido único - <https://isinaliza.vtexassets.com/arquivos/ids/169345-800-auto?v=636800641114900000&width=800&height=auto&aspect=true>. Acesso: 4/4/2023

2ª SEQUÊNCIA PEDAGÓGICA - ONDULATÓRIA

Fig. 2.1 - Gotas de água - <https://gifs.eco.br/wp-content/uploads/2022/07/gifs-animados-de-gotas-de-agua-4.gif>. Acesso: 4/04/2023

Fig. 2.2 - Própria do autor

Fig. 2.3 - Projecção de um MCU - <https://www3.gobiernodecanarias.org/medu>

<sa/ecoblog/mramrod/p?p=142>. Acesso: 5/04/2023

Vid. 2.1 - Própria do autor

Vid. 2.2 - Própria do autor, com base no site: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_harmonicke_kmitani&l=en. Acesso: 5/04/2023

Vid. 2.3 - Própria do autor, com base no site:

https://www.vascak.cz/data/android/physics_atschool/template.php?s=kv_harmonicke_kmitani&l=en. Acesso: 5/04/2023

Vid. 2.4 - Própria do autor, com base no site:

https://www.vascak.cz/data/android/physics_atschool/template.php?s=kv_harmonicke_kmitani&l=en. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.4 - Própria do autor, com base no site:

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mramrodp/?p=142>. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.5 - Própria do autor, com base no site:

<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mramrodp/?p=142>. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.6 - Placa de pare - https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/1040648/placa_de_regulamentacao_pare_r_1_515_1_9e370e7a14444e658ca6c711159e9b6b.jpg. Acesso: 4/4/2023

Fig. 2.7 - Placa de sentido único - <https://isinaliza.vtexassets.com/arquivos/ids/169345-800-auto?v=636800641114900000&width=800&height=auto&aspect=true>. Acesso: 4/4/2023

SEQUÊNCIA PEDAGÓGICA – RADIAÇÃO

Vid. 1.1 - https://youtu.be/QDI9-Wa_Dfg. Acesso em 05/04/2023

Fig. 2.1 - Espectro eletromagnético - <https://3.bp.blogspot.com/-sXqLkt5k4KY/VyVAWSSyhDI/AAAAAAAFXw/w8i-YRVHIGACRgGk3hS8SqqzM1dQbKnYwCLcB/w1200-h630-p-k-no-nu/LabCisco-EEM.png>. Acesso: 4/04/2023

Fig. 2.2 - https://pa1.narvii.com/6306/727a6f2398c65d259ef453c22f3f8d0256986633_hq.gif. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.3 - https://static.wixstatic.com/media/defe32_86521bbaceb54e8fa90566af53c97671~mv2.gif - Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.4 - https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f5/Light_dispersion_conceptual_waves.gif/290px-Light_dispersion_conceptual_waves.gif. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.5 - http://2.bp.blogspot.com/_yv9Szk6L9M/UnqOgHq7T4I/AAAAAAAI0/g0YdkjIRNo8/s400/Gifs+ci%C3%Aancia+07.gif. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.6 - http://4.bp.blogspot.com/_Db826hWukxM/TNc51weHlxI/AAAAAAAAbY/8-VmsXkXmtU/s320/000.jpg. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.7 - https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1j343eoKF3KVjSZFEq6xExFXae/E27-lmpada-uv-fluorescente-40w-luzes-ultravioleta-ceilinglight-lanterna-luz-de-poupan-a-de-energia.jpg_220x220.jpg_.webp. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.8 - <http://www.iop.com.br/wp-content/uploads/2015/01/aparelhos-de-bronzeamento-artificial.jpg>. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.9 - <https://cepelli.com.br/wp-content/uploads/2015/12/importancia-do-protetor-solar.jpg>. Acesso: 5/04/2023

- Fig. 2.10 - <https://spotsoci.com/wp-content/uploads/2020/03/uspluzultra-800x445.jpg>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.11 - https://i.gifer.com/origin/4a/4acf865597c8769f12fc9f2a54a152fa_w200.webp. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.12 - https://i.gifer.com/origin/ea/ea1ce3477a5c8a1dd955e65bd9bf60e0_w200.webp. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.13 - https://raiosxis.com/wp-content/uploads/2014/10/pe_articulacao_gif_animado.gif. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.14 - https://i.gifer.com/origin/85/85f86e77aa5efaf4cbd27841a30f59e1_w200.webp. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.15 - <https://academiabc.com.br/wp-content/uploads/2016/05/ensaio-ultrassom-metodo-ensaio-nao-destrutivo-300x140.jpg>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.16 - https://cindasdata.com/img/landing_gear_xray.jpg. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.17 - https://blog.nucleorad.com.br/uploads/general/uploaded_file_202007081594231773.jpg. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.18 - <http://www.industrytap.com/wp-content/uploads/2016/08/fre.gif>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.19 - Sousa, João L.A. Sistema polimétrico luminescente para dosimetria 3D da radiação gama. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto. 2016. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6834/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_SistemaPolim%C3%A9ricoLuminescente.pdf. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.20 - <https://www.researchgate.net/profile/Sajeev-Sharma/publication/343106746/figure/tbl1/AS:917013794926592@1595644534406/Different-forms-of-irradiation.png>. Acesso: 5/04/2023.
- Fig. 2.21 - <https://www.researchgate.net/profile/Sajeev-Sharma/publication/343106746/figure/tbl3/AS:917013794918400@1595644534512/Examples-of-microbial-reduction-by-irradiation.png>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.22 - <https://www.omettoequipamentos.com.br/imagens/radiografia-industrial/ir-100-01.jpg>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.23 - https://static.wixstatic.com/media/c9f54a_71c9e4167a3f4643bb3f7cd795ae4641~mv2.jpg/v1/fill/w_239,h_219,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/Empresa-de-radiografia-industrial-ultras.jpg. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.24 - <http://www.endstartec.com.br/template/imagens/palavras-chave/thumb/empresa-gamagrafia-industrial.jpg>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.25 - Souza, Erica Fernanda. Avaliação Radiológica dos Irradiadores de Gamagrafia Industrial. /Erica Fernanda de Souza. – Rio de Janeiro: IRD, 2012. Disponível em: http://moodle.ird.gov.br/ensino/imagens/TCCs/TCCs2012/tcc_ericafernanda%20de%20souza.pdf. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.26 - <https://player.slideplayer.com.br/39/10868024/data/images/img29.jpg>. Acesso: 5/04/2023
- Fig. 2.27 - <https://www.abc.med.br/fmfiles/index.asp::places:/abcmed/Cintilografia-da-tireoide.jpg>. Acesso: 5/04/2023

Fig. 2.28 - Placa de pare -
https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/1040648/placa_de_regulamentacao_pare_r_1_515_1_9e370e7a14444e658ca6c711159e9b6b.jpg. Acesso: 4/4/2023

https://www.amazon.com.br/Detector-radioativo-alimentado-multivisor-eletromagn%C3%A9tica/dp/B0BTCFYC6X/ref=lp_23927972011_1_1?sbo=RZvf%2F%2FHxDF%2BO5021pAnSA%3D%3D&ufe=app_do%3Aamzn1.fos.6a09f7ec-d911-4889-ad70-de8dd83c8a74

<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3261321917-detector-de-radiaco-nuclear-auto?v=636800641114900000&width=800&height=auto&aspect=true>. Acesso: 4/4/2023.

com-contador-digital-geiger-28-
_JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=f42a6a8d-58b0-460f-9904-ca6526c8e32a&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=1&ad_click_id=MjYzN2NiNDYtYTNINy00MzA4LWE2OTEtNjRiZTE4YWUxYmM3

Fig. 2.29 - Placa de sentido único -
<https://isinaliza.vtexassets.com/arquivos/ids/169345-800->