



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Bauru

Willian Henrique da Silva Pereira

O Ensino do Desenvolvimento da Física
no Brasil em aulas do Ensino Médio

Bauru
2019

Willian Henrique da Silva Pereira

O Ensino do Desenvolvimento da Física
no Brasil em aulas do Ensino Médio

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Londero da Silva

Bauru
2019

P436e

Pereira, Willian Henrique da Silva

O Ensino do Desenvolvimento da Física no Brasil em aulas do Ensino Médio / Willian Henrique da Silva Pereira. - Bauru, 2019 185 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: Leandro Londero da Silva

1. Ensino de Física. 2. Cientistas brasileiros. 3. Ensino da física brasileira. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

O Ensino do Desenvolvimento da Física no Brasil em aulas do Ensino Médio

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Leandro Londero da Silva
UNESP - São José do Rio Preto
Orientador

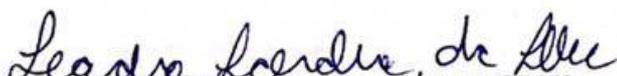
Prof. Dra. Irinéa de Lourdes Batista
UEL – Londrina

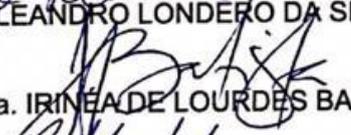
Prof. Dr. Rodolfo Langhi
UNESP – Bauru

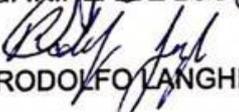
Bauru
25 de fevereiro de 2019

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE WILLIAN HENRIQUE DA SILVA PEREIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de fevereiro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Sala 04 da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências - Unesp/Bauru-SP, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. LEANDRO LONDERO DA SILVA - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação / UNESP/Câmpus de São José do Rio Preto, Profa. Dra. IRINÉA DE LOURDES BATISTA do(a) Departamento de Física / Universidade Estadual de Londrina, Prof. Dr. RODOLFO LANGHI do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de WILLIAN HENRIQUE DA SILVA PEREIRA, intitulada **O ENSINO DO DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NA BRASIL EM AULAS DO ENSINO MÉDIO**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. LEANDRO LONDERO DA SILVA


Profa. Dra. IRINÉA DE LOURDES BATISTA


Prof. Dr. RODOLFO LANGHI

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Leandro Londero, por ter me sugerido trabalhar com o ensino da física brasileira, ainda na graduação. Agradeço também por todo o trabalho que fizemos juntos, durante todos estes anos.

Agradeço à minha família que muito me apoiou nesta caminhada, mas em especial à duas pessoas, minhas mães. A primeira é minha avó, uma senhora muito simples que me ensinou tudo o que sei sobre caráter, e que cuidou de mim quando eu precisei. A segunda minha querida mãe que faleceu aos seus 39 anos num terrível acidente de trânsito enquanto voltava do trabalho, algumas semanas após minha qualificação. Ela foi a única pessoa que me apoiaria no que quer que eu decidisse para minha vida. Você vive no meu coração mãe, obrigado por tudo.

Agradeço ao meu marido, Rafael, por ter sido meu companheiro na vida, meu melhor amigo. Muito tenho a agradecer também aos meus amigos, cujos nomes poderiam perfilar uma enorme lista, mas no que tange a esta dissertação, agradeço em especial à Elaine Betinni e Naiane Modesto, que me mantiveram ébrio nos momentos que a sobriedade não me rendia frutos; à Larissa que me forneceu momentos de descontração no meio das minhas frustrações, à Sara e Amanda que dividiram um teto comigo, e à todos meus colegas do PPG que fizeram de cada aula um momento incrível. Agradeço também à Prof. Alessandra pelo apoio na pesquisa (eu não teria conseguido sem a sua ajuda!).

Muito tenho que agradecer também aos professores que conheci neste programa, em especial ao Dr. Rodolfo Langhi, que foi aceitou ser membro da banca, juntamente com a Dr. Irinéa que foram cruciais para a evolução desta pesquisa.

PEREIRA, W. H. S. O Ensino do Desenvolvimento da Física no Brasil em aulas do Ensino Médio. Dissertação de Mestrado, Faculdade de ciências de Bauru, Universidade Estadual Paulista, 2019. 184p

RESUMO

Nosso trabalho parte da necessidade de uma valorização da ciência que é desenvolvida em âmbito nacional. Em trabalhos anteriores, constatamos a subvalorização da produção científica da física nas coleções didáticas do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Diante das constatações, defendemos que, uma possibilidade de valorização da ciência que é desenvolvida no Brasil é o ensino da física produzida em âmbito nacional em aulas do ensino médio. Perante isso, a presente pesquisa tem por objetivo *investigar as potencialidades e delimitações para o ensino da física produzida no Brasil em aulas do ensino médio*. Das possíveis questões que seriam relevantes responder, nos parece significativo e propomos para este estudo: **1) Como a produção científica da física, desenvolvida no Brasil, é apresentada/discutida pelos autores das coleções didáticas do PNLD (2018 – 2020)? 2) Qual a importância atribuída aos cientistas brasileiros, à física desenvolvida no Brasil e ao ensino desta por um grupo de professores que ensinam física? 3) Qual o conhecimento a respeito da física brasileira de um grupo de alunos do Ensino Médio? Qual a percepção que estes estudantes têm a respeito dessa temática?** Optamos por uma pesquisa de abordagem qualitativa. Para responder à primeira questão foram analisados todos os livros didáticos das coleções que compõem o programa, para a segunda e terceira questões foram utilizados questionários, que foram respondidos por professores e alunos, respectivamente, da rede Estadual de ensino de São José do Rio Preto. Para a análise destes materiais foram utilizados pressupostos da Análise de Conteúdo Temática. Notamos que não só os autores das coleções utilizam os cientistas e instituições brasileiras de maneira coadjuvante, e com pouca relevância, como também os professores e alunos muito pouco conhecem a respeito estes cientistas e instituições. Porém, em ambos grupos de sujeitos aparece um interesse pela temática. Com estes resultados foi elaborada uma Unidade Didática Multiestratégica, compatível com a realidade escolar, que pode ser uma primeira ação concreta no ensino da Física Brasileira, articulando tópicos de Física moderna e física brasileira.

Palavras-chave: física brasileira, cientistas brasileiros, Ensino Médio.

PEREIRA, W. H. S. The Teaching of the Physic's Development in Brazil in high school classes. Master's tesis, Faculdade de ciências de Bauru, Universidade Estadual Paulista, 2019. 184p

ABSTRACT

Our work starts from the need for a valorization of science that is developed at the national level. In previous works, we found the undervaluation of the scientific production of physics in the didactic collections of the National Program of Didactic Book (PNLD). In view of the findings, we argue that a value of science is developed in Brazil, the teaching of physics produced at the national level in high school classes. In view of this, the present research aims to investigate the potentialities and delimitations for the teaching of physics produced in Brazil in high school classes. From the possible questions that would be relevant, it seems significant and we propose for this study: 1) How is the scientific production of physics developed in Brazil presented / discussed by the authors of the didactic collections of the PNLD (2018-2020)? 2) What is the importance attributed to Brazilian scientists, physics developed in Brazil and the teaching of this by a group of teachers who teach physics? 3) What is the knowledge about the Brazilian physics of a group of high school students? What is the perception that these students have about this subject? We opted for qualitative research. In order to answer the first question, all the textbooks of the collections that make up the program were analyzed. For the second and third questions, questionnaires were used, which were answered by teachers and students, respectively, from the State of São José do Rio Preto. For the analysis of these materials, the thematic Content Analysis assumptions were used. We note that not only the authors of the collections use Brazilian scientists and institutions in a supportive way, but with little relevance, as well as teachers and students know very little about these scientists and institutions. However, in both groups of subjects an interest in the subject appears. With these results a Multistrategic Didactic Unit was elaborated, compatible with the school reality, that can be a concrete first action in the teaching of the Brazilian Physics, articulating topics of modern Physics and Brazilian physics

Key words: Brazilian physics, Brazilian scientists, highschool

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 1. UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA BRASILEIRA	3
1.1 PERÍODO PRÉ COLONIAL: A ASTRONOMIA INDÍGENA	3
1.2. A FÍSICA DO BRASIL NO PERÍODO COLONIAL (1500 – 1808).....	6
1.3. A FÍSICA NO IMPÉRIO (1808 – 1889) E NA VELHA REPÚBLICA (1889 – 1930): AS MUDANÇAS COM A VINDA DA FAMÍLIA REAL AO BRASIL	8
1.4. A FÍSICA BRASILEIRA NA ERA VARGAS, A SEGUNDA E TERCEIRA REPÚBLICAS (1930 – 1945): O INÍCIO DA CONSOLIDAÇÃO DA FÍSICA NO BRASIL E A FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.....	13
1.5. A FÍSICA BRASILEIRA NA QUARTA REPÚBLICA (1945 - 1964).....	17
1.6. A FÍSICA BRASILEIRA E A DITADURA MILITAR (1964 – 1985).....	23
1.7. A FÍSICA BRASILEIRA APÓS O REGIME MILITAR.....	27
CAPÍTULO 2 - PENSANDO O ENSINO DA FÍSICA BRASILEIRA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	31
2.1. POR QUÊ ENSINAR A FÍSICA BRASILEIRA?	31
2.2. O QUE ENSINAR DA FÍSICA BRASILEIRA?	36
2.3. COMO ENSINAR A FÍSICA BRASILEIRA?	38
CAPÍTULO 3 – A PESQUISA E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1. OBJETIVO, PROBLEMA E QUESTÕES NORTEADORAS.....	42
3.2. A COLETA DAS INFORMAÇÕES E O REGISTRO DOS DADOS.....	43
3.2.1. ANÁLISE DAS COLEÇÕES DIDÁTICAS.....	43
3.2.2. ANÁLISE DO IMAGINÁRIO DE UM GRUPO DE PROFESSORES	45
3.2.3. ANÁLISE DO IMAGINÁRIO DE UM GRUPO DE ALUNOS.....	48
3.3. A ANÁLISE DOS DADOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE DE CONTEÚDO (AC).....	51
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	57

4.1. ANÁLISE DAS COLEÇÕES DIDÁTICAS	57
4.1.1. FÍSICOS CITADOS	57
4.1.2. INSTITUIÇÕES DE PESQUISA CITADAS.....	61
4.1.3. DEMAIS CITAÇÕES RELEVANTES.....	64
4.2. O IMAGINÁRIO DE UM GRUPO DE PROFESSORES.....	71
4.2.1. FORMAÇÃO INICIAL DO GRUPO DE PROFESSORES E TEMPO DE DOCÊNCIA	71
4.2.2. CONTATO DOS PROFESSORES COM PESQUISA CIENTÍFICA	72
4.2.3. TRABALHO DE UM CIENTISTA.....	73
4.2.4. CONHECIMENTO DA EXISTÊNCIA DE CENTRO DE PESQUISA OU UNIVERSIDADE NA SUA CIDADE OU REGIÃO	74
4.2.5. CONHECIMENTO DE CIENTISTAS ESTRANGEIROS E BRASILEIROS	75
4.2.6. CONTATO COM A FÍSICA BRASILEIRA NA FORMAÇÃO INICIAL.....	76
4.2.7. IMPORTÂNCIA DA FÍSICA BRASILEIRA NA FORMAÇÃO INICIAL E NA EDUCAÇÃO BÁSICA	76
4. 3. O CONHECIMENTO DOS ALUNOS A RESPEITO DA FÍSICA BRASILEIRA	83
4. 3.1. RESPOSTAS OBTIDAS	83
4. 3.1.1. PRIMEIRA QUESTÃO.....	83
4. 3.1.2. SEGUNDA QUESTÃO	88
4. 3.1.3. TERCEIRA QUESTÃO	92
4. 3.1.4. QUARTA QUESTÃO	95
4. 3.1.5. QUINTA QUESTÃO.....	99
4.3.2. BUSCANDO ELEMENTOS DE ANÁLISE NOS ENUNCIADOS DOS ALUNOS	100
CAPÍTULO 5 – UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DO DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NO BRASIL NO ENSINO MÉDIO	113
5.1. CONTEÚDOS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	114
5.2. ANÁLISE CIENTÍFICO - EPISTEMOLÓGICA	118

5.3. ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	119
5.4. ABORDAGEM METODOLÓGICA	119
5.5. SELEÇÃO DE OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO	120
5.6. SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO	122
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
REFERENCIAS	128
APÊNCIDE 1. UNIDADE DIDÁTICA	131
ANEXO 1. JOGO: CIENTISTAS NA DITADURA	151
APÊNDICE 2. QUESTIONÁRIO DOS PROFESSORES	171
APÊNDICE 3. QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS	173

INTRODUÇÃO

Ingressei na universidade do ano de 2012, logo após terminar o Ensino Médio. Poucas foram as aulas de física que tive, uma vez que não havia professores formados nesta disciplina na escola. Logo que comecei a ter contato com os professores da universidade comecei a entender como a Academia funciona, e como a pesquisa científica é feita. Em 2013 fui para a Universidade de Coimbra, por meio do extinto Programa de Licenciaturas Internacionais (PLI), onde permaneci por dois anos, dando continuidade ao curso de graduação. Nesta universidade pude conhecer uma outra realidade, e ver como era a vida dos cientistas na Europa. Ao retornar cursei as disciplinas didáticas do curso de licenciatura, que, na altura, era o que me faltava para conseguir o tão valioso diploma.

Neste momento veio a necessidade de produzir um trabalho de conclusão de curso. O professor Dr. Leandro Londero me procurou na época e me apresentou uma proposta de pesquisa, me propôs que fosse aos livros didáticos distribuídos pelo Governo Federal e procurasse qual era a participação dos físicos brasileiros e da ciência brasileira nestas coleções. Para fazer este estudo levei um período de aproximadamente um ano, lendo na íntegra todos os 42 volumes. Pelo volume de material analisado me surpreendeu o papel coadjuvante que a ciência brasileira e os cientistas brasileiros têm nestas coleções. Com a finalização do trabalho, e da graduação, pensamos na possibilidade de dar continuidade ao estudo do tema num curso de mestrado. E aqui estou, investigando o ensino da física brasileira na educação básica.

Para esta dissertação, inicialmente escrevi um breve apanhado histórico a respeito da física do Brasil, desde os conhecimentos empíricos dos indígenas em temas que hoje relacionamos com a ciência, passando pelo período da colônia, império, república, ditadura até os dias atuais. O capítulo 1 foi escrito pensando em apresentar ao leitor esses fatos e personagens que foram importantes para o desenvolvimento da ciência e da física nacionais.

O capítulo 2 foi escrito pensando em apresentar as justificativas, conteúdos e recursos didáticos pensadas para o aprofundamento da temática. Busquei desenvolver um raciocínio teórico no sentido de promover uma discussão a respeito da viabilidade do ensino desta temática.

No capítulo 3 apresento a metodologia da pesquisa, as questões de estudo e retomo brevemente as justificativas. Também estão definidos os recursos humanos e materiais, uma descrição da escola onde os questionários foram aplicados e um recorte de alguns conceitos de Análise de Conteúdo que serão evocados nas análises.

O capítulo 4 apresenta as análises dos livros didáticos atualizada e discutida, de questionários aplicados com 34 professores de física da rede estadual, e de questionários aplicados com 278 alunos de três escolas públicas estaduais. Estes questionários foram aplicados no final de 2017.

O capítulo 5 apresenta como foi desenvolvida a Unidade Didática Multiestratégica utilizada que propomos com o um possível encaminhamento desta pesquisa, embasada em todas as discussões apresentadas. Por fim, o capítulo 6 trás as considerações finais.

CAPÍTULO 1. UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA BRASILEIRA

Neste capítulo será apresentada um breve resumo de alguns fatos históricos a cerca do desenvolvimento da física do no Brasil. O objetivo é situar o leitor dos eventos que serão tratados mais adiante, dos sujeitos e instituições envolvidos nestes eventos bem como mostrar uma narrativa histórica da física brasileira.

1.1 Período pré colonial: a astronomia indígena

Antes do período colonial, os povos indígenas desenvolveram técnicas de estudo dos astros, assim como ocorrera com diversos povos antigos que baseavam sua agricultura, mitos e lendas no céu. Os estudos em arqueoastronomia no Brasil são relativamente recentes, tendo ganhado força nas últimas décadas, mas já têm encontrado sinais de que os índios brasileiros tinham conhecimento a respeito dos movimentos dos astros e ciclos sazonais. Por exemplo na Bahia, em Monte Alto, onde um *geolito* que se estima ser originalmente composto por 365 rochas alinhadas, seria utilizado como calendário. Segundo Afonso e Nadal (2013):

Diversas etnias de outras regiões do mundo, principalmente das Américas, marcavam o início do ano com o surgimento das Plêiades, assim como muitos grupos indígenas brasileiros. Sua principal utilidade consiste em desenvolver sistemas de visualização para o controle da estação agrícola. Estruturas monumentais orientadas para esse aglomerado estelar também são encontradas em diversas outras regiões do Planeta. Com base em cerâmicas encontradas nas proximidades dos alinhamentos de Monte Alto, pode-se estimar a sua idade como sendo de aproximadamente 2 mil anos. (p. 59)

Este alinhamento foi descoberto, e primeiramente estudado, por Theodoro Sampaio, em 1897, porém omitiu sua descoberta até 1922 para evitar polêmicas. Havia na época um movimento forte de aparecimento de civilizações antigas fantasiosas e civilizações perdidas. O arqueólogo Angyonne Costa, por exemplo, classificou Monte Alto como um destes locais fantasiosos, juntamente com outros locais do Piauí e do Paraná (ibid., p. 55).

O que chamou a atenção dos estudiosos em Monte Alto era a altura e a maneira como estavam dispostas as rochas, configuração que as tornariam inviáveis para uso como curral. Além disso, há evidências que corroboram o uso astronômico na construção.

Segundo Afonso e Nadal (2013), apesar de haver algumas rochas faltando e algumas caídas, a reconstrução do que seria a formação original possui um desenho que se assemelha ao Grande Quadrado de Pégaso e ao aglomerado das Pleiades, dispostos de maneira que o riacho que por ali passa representaria a Via Láctea. O nascer helíaco das Pleiades (quando estas só podem ser observadas próximas ao nascer do sol), que acontece próximo à 5 de junho, marca o ano novo de diversos povos. Este tipo de marcação é comum em povos antigos, como no caso dos egípcios que marcavam o ano novo com o nascimento helíaco de Sírios, período que coincidia com o início das cheias do Nilo (ibid., p. 57). A utilização deste tipo de demarcação para povos antigos era importante para controlar a agricultura.

Há outros exemplos de construções em outros estados brasileiros. No Amapá, no município de Calçoene, localizado a 390 km ao norte de Macapá, há diversos sítios arqueológicos, sendo o mais conhecido deles o sítio do Rego Grande. Ele conta com aproximadamente 147 megálitos talhados e colocados no topo de uma colina, formando circunferência de 30 m de diâmetro (ibid., p. 60).

Afonso e Nadal (2013) relatam, ainda, que os indígenas utilizavam instrumentos simples de observação, como relógio solar por exemplo.

Durante o ano de 1991 os autores deste texto estudaram um monólito vertical, com cerca de 1,5 m de altura, encontrado em sítio arqueológico às margens do rio Iguaçú, na região que foi inundada pelo reservatório da usina hidrelétrica de Salto Segredo, PR. Ele tinha as faces talhadas artificialmente, apontando para os quatro pontos cardeais, sendo que o topo retangular estava orientado na direção L-O [...]. Em volta desse monólito havia um círculo de pedras menores que, aparentemente, indicavam as direções do nascer e ocaso do sol nas estações do ano. A maioria dessas pedras foi um pouco deslocada de sua posição original por caçadores de tesouro. (p. 64).

Em várias outras regiões do país foram sendo encontradas estruturas geolíticas alinhadas aos pontos cardeais e com outras conotações astronômicas, especialmente na segunda metade do século passado. Algumas destas estruturas são milenares. A abundância destas estruturas na região da Amazônia é singular. Para os autores acima citados:

Os primeiros que identificaram e registraram esses geoglifos no Acre foram os arqueólogos Ondemar Ferreira Dias Jr. e Franklin Levy, do Instituto de Arqueologia Brasileira (IAB) em 1977, cadastrando 70

sítios até 1980. Segundo estudos atuais, sensoriamento remoto e levantamento em terra já revelaram 281 geoglifos cujas medidas de radiocarbono dataram a sua construção e ocupação entre 2 mil e 700 anos antes do presente. (ibid., p. 67).

Além das pedras, a arte rupestre indígena também foi encontrada por pesquisadores em locais como a pedra do Ingá, e na região do Iguaçu, as quais são associadas fenômenos astronômicos e a própria mitologia indígena. Apesar de ser uma ciência com características tribais, diferente da ciência moderna, era uma forma de conhecimento determinante para os povos indígenas brasileiros. Em termos culturais, a astronomia indígena era tão importante para estes povos quanto a ciência moderna é para nós hoje, são um traço marcante da identidade desses povos.

Além das estruturas rochosas, havia também desenhos rupestres com viés astronômico. Representações que lembram um sol e a lua crescente foram encontradas em Boa Esperança Iguaçu (PR), inclusive uma gravura que aparenta ser o sol encoberto por outro astro do mesmo tamanho, podendo ser a representação de um eclipse (AFONSO & NADAL, 2013, p. 74). Outras figuras com representações de planetas, grupos de estrelas e até mesmo de cometas foram encontradas, e ao que tudo indica, estão relacionadas com mitos e lendas dos povos indígenas.

O conhecimento indígena não se resumia à esta etnoastronomia. Como grandes conhecedores da floresta tinham um amplo repertório em ervas medicinais, venenos, conhecimentos a respeito da fauna e a flora locais, e ainda conhecimentos associados à caça e à guerra. Por exemplo, para caçar um peixe, seja com flecha, seja com uma lança, era preciso saber quanto a luz era desviada na imagem do animal no fundo do rio para garantir um golpe certo.

Na arte do tiro com arco era preciso conhecimento a respeito dos alcances para diferentes ângulos de lançamento. Apesar desse conjunto de conhecimentos (que hoje fazemos um paralelo com o conhecimento científico nos moldes da ciência moderna) não serem sistematizados pelo método que nós entendemos como científico, era uma forma empírica de conhecer a natureza que garantia a sobrevivência das comunidades indígenas. Os indígenas desenvolveram suas próprias formas de linguagem e sistemas

numéricos, assim como os muitos povos antigos da Europa, Ásia e Oriente médio.

1.2. A física do Brasil no período colonial (1500 – 1808)

Com a vinda dos Europeus iniciou-se um processo colonizatório. Num primeiro momento Portugal não tinha muito interesse no Brasil por não ter encontrado recursos para explorar. Aos poucos os povos europeus vão ocupando áreas cada vez maiores das terras americanas, catequizando os indígenas, introduzindo sua cultura e sua ciência no “novo mundo”.

Motoyama (1979) indaga que

A infra-estrutura implantada em nossa terra na época colonial propiciou o surgimento de uma sociedade agrária, fundada no latifúndio escravista, pouco ou quase nada afeita à atividade científica. O seu modo de produção, pouco adequado ao avanço tecnológico, refletir-se-ia como um substrato técnico medíocre. Além do mais, o monopólio comercial adotado abria apenas um único canal, a Metrópole, para espelhar ainda que palidamente a cultura europeia. Ora, a Metrópole lusitana jazia naquele período uma letargia cultural reconhecida hoje até pelos próprios portugueses. Dominado pela cultura jesuítica, reprimido pela Inquisição, não havia lugar para o espírito de liberdade e de indagação constante necessário para fazer brotar um substrato mental favorável à ciência. Nesse contexto não é de se admirar a sua ausência quase total em nosso país. (p.67)

A primeira observação astronômica em terras brasileiras data de 1500, feita pelo físico e médico Mestre João, que viajou com Pedro Álvares Cabral. Mestre João envia a D. Manoel, rei de Portugal, uma carta na qual relata a medição da latitude onde se encontravam (MORAIS, 1955, p. 84).

Ainda no século XIV, inicia-se o processo de catequização do povo indígena, conforme nos aponta Correia (2003)

Os colonizadores europeus impuseram a sua cultura devido, principalmente, à sua supremacia tecnológica. A educação, nos primórdios da colônia, tratava de tentar transformar os índios em “humanos”, o que queria dizer, essencialmente, convertê-los ao cristianismo. A ordem dos Jesuítas, criada por Inácio de Loyola (1491-1556) em 1534, era a responsável pela educação em Portugal e em todas as colônias, porque o rei D. João III tinha medo de que o vírus herético que lavrava o norte da Europa contaminasse seus domínios. Era nesse cenário que a ciência, como a concebemos hoje, começava a florescer na Europa. Portugal se colocava à parte. A primeira escola (de ler e escrever) no Brasil foi criada pelo padre jesuíta Manoel da Nóbrega em 15 de abril de 1549. No total, 17 colégios eram mantidos pelos jesuítas no Brasil. No colégio de

Salvador estudava-se também matemática, lógica e física (aristotélica!).

Vieira e Videira (2010) explicam que nesse período começam a surgir os primeiros documentos escritos, o tipo de fonte primária que os historiadores estão acostumados a lidar (p. 2), o que facilita em partes o estudo da história da física neste período. Porém neste período a história da física

[...] confunde-se com a da astronomia, com a da medicina e outros ramos da ciência. Em outras palavras: nesse período, não seria possível traçar fronteiras entre as disciplinas científicas hoje conhecidas. Nesse aspecto, a prática da ciência no Brasil na época colonial seguiria o que ocorreu, por exemplo, na Europa. Nunca é demais lembrar que a configuração das ciências (como as conhecemos hoje) foi construída ao longo do século XIX. (ibid., p. 2)

Morais (1955, p. 90) relata que no século XV com a vinda de João Maurício de Nassau-Siegen (príncipe batavo), em 1637, no nordeste brasileiro abre-se uma janela de 8 anos em que o Brasil sedia uma atividade científica consideravelmente notável. Neste período houve uma ocupação de terras brasileiras por parte dos Holandeses. A intenção do príncipe era organizar expedições para desbravar aquelas terras. Juntamente com a “côrte intelectual” trazida pelo príncipe, veio Jorge MacGrave, responsável por reunir um grande material em expedições e por inaugurar o primeiro observatório astronômico e meteorológico a realizar observações sistemáticas na América do Sul, em Olinda, cujos resultados são considerados os primeiros trabalhos de cunho científico no Brasil (VIEIRA e VIDEIRA, 2010, p. 2).

Uma figura muito citada nesse período é Bartolomeu Gusmão. Como aponta Ribeiro (1955):

Durante o período colonial a metrópole portuguesa, ao contrário das Coroas Espanhola e Inglesa, não criara em suas colônias universidades, nem bibliotecas, nem institutos de ensino superior. Tal circunstância torna ainda mais extraordinário o feito do brasileiro Pe. Bartolomeu Lourenço de Gusmão que, em 1709, conseguiu fazer subir um balão cheio de ar quente, precedendo, assim, as famosas experiências dos irmãos Montgolfier. Na judiciosa observação de F. Venâncio Filho, o feito de Bartolomeu Lourenço de Gusmão foi “A primeira contribuição à civilização dada pelo continente de Colombo, antes de Franklin” (p. 165)

Ribeiro (1955) destaca os trabalhos de José Bonifácio de Andrade Silva, muito conhecido por sua importância política, mas também importante mineralogista que identificou espécies minerais novas em laboratórios da Suíça. De fato, todo brasileiro que pretendia obter uma formação superior tinha que ir estudar na Europa.

Correia (2003) salienta a importância da Universidade de Coimbra na formação superior de brasileiros

A importância da Universidade de Coimbra para a formação da elite cultural brasileira pode ser medida pelo fato de que, entre 1550 e 1808, 2500 brasileiros estudaram nesta Universidade. No mesmo ano da criação do Gabinete de Física na Universidade de Coimbra, em 1772, foi criada a Sociedade Científica do Rio de Janeiro (depois Sociedade Literária), fundada por António de Almeida Soares e Portugal (1699-1761), Marquês de Lavradio, amigo íntimo do Marquês de Pombal e Vice-Rei do Brasil. Essa sociedade foi infelizmente fechada em 1794, provavelmente por motivos políticos (s/p).

Vieira e Videira (2010) apontam que, em 1800 começam as primeiras aulas de física no seminário de Olinda, por iniciativa do bispo Azeredo Coutinho, que trouxe de Portugal vários professores inclusive de física, nessa que foi “uma primeira tentativa remota, mas consistente, de introduzir a física no Brasil” (p. 4). Esforços que renderam mais frutos só foram obtidos com a vinda da família real portuguesa ao Brasil.

Vê-se nesse período que a história da física é muito próxima da astronomia, talvez por que o interesse astronômico em mapear o céu do sul fosse imprescindível para as viagens marítimas. De toda forma, Vieira e Videira (2010, p. 4) fazem uma crítica a cerca dos trabalhos historiográficos a respeito do período, apontando o que entendem ser um desinteresse dos pesquisadores pelo período que carece de estudos mais aprofundados a respeito da influência do contexto econômico e social e as atividades científicas da época.

1.3. A física no império (1808 – 1889) e na velha república (1889 – 1930): as mudanças com a vinda da família Real ao Brasil

Com a vinda da família real portuguesa para o Brasil em 1808, fugindo de invasões de Napoleão em Portugal, há a transferência da sede do reino de Portugal para cá, o que tem por consequência uma série de mudanças. Torna-

se necessário estabelecer exército e marinha no Brasil o que estimula o aparecimento das primeiras escolas de engenharia, fundadas para formar os militares que se ocupariam de trabalhar com as tecnologias de navegação e armamentista.

Foi em uma dessas instituições que surgiram as primeiras aulas práticas de física no Rio de Janeiro, voltadas para a formação de militares e médicos. Elas foram ministradas no Laboratório de Química e Física do Museu nacional, no Centro da cidade do Rio de Janeiro, onde era então a sede daquele museu. Pouco depois, no início da década de 1830, a física ganhou sua autonomia como disciplina nos cursos médicos do Rio de Janeiro, respeitando-se um padrão existente em países europeus (VIEIRA e VIDEIRA, 2010, p. 7).

Ribeiro (1955) indaga que a Escola de Cirurgia, fundada na Bahia, em 1808 foi talvez a primeira Escola Superior que se estabeleceu no Brasil. Em seguida, em 1810 foi criada a Academia Real Militar, que se transformaria em 1858 na Escola Central, responsável pela formação de Engenheiros Militares e Engenheiros Civis. Correia (2003) indaga que:

Além disso, foram criadas Bibliotecas, Museu, Imprensa, Escola de Ciências, todos com o pomposo adjetivo Real. O período de implantação do reinado português no Brasil foi de relativa prosperidade, mas, não havia aí muita ciência, ensinava-se principalmente engenharia militar e não houve nenhum interesse em incentivar a pesquisa. No período imperial, a fundação da Escola de Minas de Ouro Preto em 1870 foi, talvez, o fato mais importante para a educação em ciências aqui ocorrido (s/p).

Com o fim do reinado de D. João IV, inicia-se o reinado de D. Pedro II, um entusiasta da ciência. Neste período novas expedições científicas foram realizadas, algumas Escolas Superiores foram abertas e cientistas foram trazidos do estrangeiro (RIBEIRO, 1955, p. 166).

Um grande feito de D. Pedro II foi a fundação do Observatório Nacional, no Rio de Janeiro, em 1827. Num primeiro momento, o observatório era precário, mas com a chegada de Henrique Morize à chefia do estabelecimento, em 1901, há uma organização mais moderna (ibid., p. 166). Correia (2003) destaca que:

Muitas tentativas de legisladores foram feitas durante o período imperial para a criação de uma universidade no Rio de Janeiro, mas não deram resultado. A elite intelectual continuava sendo formada no estrangeiro. Conseguiu-se criar faculdades isoladas de Direito, Engenharia, Medicina e, quando muito, de Filosofia, Ciências e Letras (essas principalmente para as mulheres). O que não havia era uma

vinculação entre educação e busca de conhecimento novo, isto é, o ensino (essencialmente técnico) era feito a partir de manuais elaborados na Europa ou traduzidos desses.

Em 1842 surge o primeiro curso de doutoramento na Escola Militar do Rio de Janeiro. O primeiro a obter o título foi Joaquim Gomes de Souza, em 1848, obtendo o grau de Doutor em Matemática com a tese “Dissertação sobre o modo de indagar novos astros sem auxílio de observação indireta” (VIEIRA e VIDEIRA, 2010, p. 8). Os autores destacam que nesse momento as pesquisas de doutorado não precisavam ser originais, e em muitos casos, eram revisões de literatura.

Neste período começam a aparecer os primeiros trabalhos científicos, em iniciativas isoladas, por parte daqueles que seriam os precursores da pesquisa em física mais profissional no Brasil. No cenário político acontece a proclamação da república, em 1889, momento no qual D. Pedro II é deposto e o país passa a ser uma república presidencialista, no período conhecido como república velha.

Vieira e Videira (2010, p. 10) destacam o caso de Henrique Morize, que, em 1898, defendeu uma tese com o tema de Raios catódicos de Röntgen. Os autores questionam se Morize era um caso isolado na politécnica e aponta a necessidade de se investigar melhor o ambiente da escola politécnica. Costa Ribeiro (1955) destaca que:

A importância de Henrique Morize na história das pesquisas físicas no Brasil não deve ser avaliada apenas pela sua obra publicada, relativamente escassa, mas, sobretudo, pela grande influência que exerceu entre os estudiosos brasileiros de sua época, despertando-lhes a curiosidade e o interesse pelos trabalhos experimentais, que, até então, haviam sido relegados a um plano secundário, e esclarecendo os poderes públicos sobre a necessidade da criação de laboratórios para o ensino e a pesquisa, e da reorganização, em bases científicas, de vários serviços oficiais (p. 171)

Outros importantes precursores da física no Brasil foram Otto de Alencar, Joaquim Gomes de Souza e Amoroso Costa. Otto de Alencar, depois de alinhar-se ao movimento positivista, toma outro rumo e critica a matemática de Augusto Comte, numa época na qual o positivismo tinha muita força e a matemática de Comte era soberana. Otto trouxe contribuições à física matemática e à matemática pura, mas atribui-se incontestavelmente a seu

contemporâneo, Gomes de Souza, o título de primeiro físico-matemático brasileiro, por suas inúmeras contribuições à matemática, publicadas na Europa, onde viveu por muitos anos (Ribeiro, 1955, p. 167).

Amoroso Costa, por sua vez, era professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, estudioso de matemática e Astronomia sendo ele:

[...] talvez um dos mais lúcidos, mais altos e mais equilibrados representantes do espírito científico com que contou o Brasil no 1º quartel deste século. Muito embora suas preferências o tivessem levado a trabalhar sobretudo nos domínios da Matemática e da Astronomia, aos quais trouxe contribuições originais, ocupou-se também de questões de Física Moderna e de Astrofísica, tendo publicado interessantes memórias sobre “A formação das estrêlas duplas” (1913) e sobre “Densidade Média, centro de gravidade e gravitação media em um universo de massa total infinita” (1929) (ibid., p. 172).

Vieira e Videira (2010) apontam que Amoroso Costa publicaria um livro sobre Relatividade em 1922, período no qual este tipo de publicação era extremamente atual e pouco frequente.

Ribeiro (1955, p. 170) destaca que “se Gomes de Souza e Oto de Alencar foram entre nós os pioneiros da pesquisas no domínio da física teórica, deve-se incontestavelmente a Henrique Morize, um poderoso impulso no sentido da experimentação”, comparando as importantes contribuições destes cientistas.

Um caso notável neste período foram os feitos do clérigo Pe. Landell de Moura. Trindade e Trindade (2003) descrevem:

No final do século XIX as telecomunicações, por meio de ondas eletromagnéticas, começavam a modificar as dimensões do mundo. Em setembro de 1895, Guglielmo Marconi efetuou sua primeira transmissão de rádio. Um pouco antes, em 1893, o Padre Landell de Moura concluiu o projeto do transmissor de ondas, fazendo a primeira transmissão pública de rádio do mundo. Sua voz emitida num aparelho na Avenida Paulista, em São Paulo, atravessou oito quilômetros e foi ouvida, com clareza, num receptor no alto de Santana. Marconi só faria o seu aparelho dois anos mais tarde (s/p).

O reconhecimento dessa transmissão em nível internacional não aconteceu, uma vez que o brasileiro não estava inserido na comunidade científica e não havia patenteado seus inventos. Mas Landell passou por mais problemas.

As dificuldades eram muitas e para aumenta-las repercutia na cidade que o padre falava com outras pessoas através de uma máquina infernal, tendo parte com o diabo. Alguns “fiéis” desvairados invadiram seu modesto, mas precioso laboratório e destruíram todos os seus aparelhos e ferramentas. Após esse evento, juntou suas poucas economias e foi para os Estados Unidos onde foi bem recebido pela comunidade científica e conseguiu, após reconstruir seus aparelhos com muita dificuldade (principalmente financeira), patentear três inventos. O jornal New York Herald, por várias vezes, deu destaque aos inventos do padre gaúcho. O governo norteamericano concedeu-lhe as seguintes patentes: número 771917, de 11 de outubro de 1904 (Transmissor de ondas), número 775337, de 22 de novembro de 1904 (Telefone sem fio) e número 775846, da mesma data (Telégrafo sem fio) (ibid., s/p)

Voltando para o Brasil buscou financiamento para continuar suas pesquisas, não conseguindo, parou de pesquisar e voltou-se unicamente ao sacerdócio.

Ainda no início do século XX Santos Dumont ganhava fama em Paris pela criação de uma série de máquinas voadoras. Já vencedor de inúmeros concursos com aeronaves de levitação (balões e dirigíveis), com fama internacional e menções honrosas cedidas pelo governo brasileiro, este brasileiro em 1906 marca a história após realizar um voo de 60 metros à 3 metros do chão no 14-Bis, entrando para a história como o pai da aviação. Ribeiro (1955) destaca que:

Suas realizações neste sentido demonstram excepcional capacidade inventiva e criadora na aplicação prática dos princípios científicos da mecânica e da física. Ele foi, por certo, não só o “pai da aviação”, mas também o primeiro engenheiro tecnologista brasileiro e o grande número de modelos de dirigíveis e aviões por ele realizados demonstra a preocupação de um verdadeiro experimentador no campo da tecnologia e da física aplicada (p. 175-6).

Em 1916 vemos a criação da Academia Brasileira de Ciências, que, nas palavras de Ribeiro (1955):

[...] teve a mais benéfica influência sobre o desenvolvimento das pesquisas científicas no Brasil, reunindo os nossos pesquisadores e estudiosos para debate das comunicações apresentadas, estabelecendo maior contato entre os cientistas brasileiros e estrangeiros, organizando simpósios para a discussão de temas de interesse atual e agindo junto aos poderes públicos no sentido de maior amparo e estímulo aos pesquisadores brasileiros. (p.173)

Para além das contribuições destes cientistas, tivemos ainda o marcante eclipse em 1919, observado na cidade de Sobral, no Ceará. Este eclipse total

do sol foi o episódio no qual se realizaram as observações que vieram a respaldar uma das previsões da Teoria da Relatividade Geral de A. Einstein. Duas equipes inglesas foram fotografar o eclipse, uma em Sobral e uma na África. A equipe que veio ao Brasil foi acompanhada por astrônomos do Observatório Nacional, chefiados por Henrique Morize.

Morize coordenou os trabalhos da expedição inglesa e chefiou a equipe brasileira em Sobral. Um dos objetivos da missão era fazer observações espectroscópicas da coroa solar. Durante o fenômeno, várias chapas fotográficas foram tiradas sucessivamente a partir de câmeras acopladas a telescópios, registrando a posição das estrelas próximas à borda do Sol. O eclipse durou exatamente 5 minutos e 13 segundos. (...) Em Sobral, considerada uma das melhores regiões para a observação do fenômeno, o céu estava limpo durante o eclipse e as placas registraram 12 estrelas, usadas mais tarde como referência para medir o ângulo de desvio da trajetória de seus feixes de luz. Esse efeito, chamado deflexão da luz, havia sido previsto pela relatividade geral de Einstein: um feixe de luz vindo de uma estrela teria sua trajetória encurvada, ou desviada, ao passar em regiões com campo gravitacional muito forte. (ANDRADE, 2016, p. 91-2)

Ainda no início do século XX é inaugurado o Laboratório de Ensaios de Materiais, um dos primeiros laboratórios de pesquisa no campo da física aplicada, sob direção do Prof. Paula Souza da Escola Politécnica de São Paulo. Tal laboratório se transformaria mais tarde, em 1925 no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). De maneira semelhante criado no Rio de Janeiro, em 1921, a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, que se transformou no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), em 1921 (Ribeiro, 1955, p.174). Ambas instituições permanecem até hoje ativas e fazendo pesquisa e mantendo parcerias com empresas.

1.4. A física brasileira na Era Vargas, a segunda e terceira repúblicas (1930 – 1945): o início da consolidação da física no Brasil e a fundação da Universidade de São Paulo

Na década de 1930 vemos uma mudança no cenário político do país. Getúlio Vargas assume a presidência e dá início à chamada Era Vargas. Nesta mesma década inicia-se o ponto no qual alguns autores atribuem o início da pesquisa em física propriamente dita no Brasil com a fundação da Universidade de São Paulo (USP) em 1934.

Vieira e Videira (2010) criticam a postura predominante de que este seria o começo das pesquisas em física no Brasil, e assumem uma postura na qual este período marca o início da profissionalização da pesquisa em física no país, visto que haviam trabalhos científicos anteriormente, mesmo sendo mais restritos e por iniciativas isoladas.

Oliveira (2011, p. 34) explica que antes da USP haviam apenas iniciativas isoladas e que era difícil implementar o projeto de construção de uma ciência nacional. Essa autora complementa que com a fundação da USP há a incorporação da Escola Politécnica de São Paulo à universidade recém criada. Salienta ainda o momento político e os interesses relacionados na questão.

O plano de criação da Universidade pretendia o aparelhamento do Estado para sua reconstrução após a Revolução de 1932, que tanto como a revolução de 1930, havia sido prejudicial aos interesses paulistas. A entrada do país sob o domínio de Getúlio Vargas e depois sobre a ditadura do Estado Novo representou um momento tempestuoso. A criação da Universidade de São Paulo parecia uma trégua, pois de todos os lados eram combinadas as velhas instituições que pareciam abaladas, assim como as oligarquias com quatro séculos de dominação. Ao mesmo tempo, não se acreditava muito num regime político novo esboçado no emaranhado de tendências contraditórias. Para os criadores da Universidade, a sua missão era dar ao Brasil a elite pensante que deveria dirigir o país aos novos rumos. O papel da Escola Politécnica, nesse processo, era contribuir para que esse ideal fosse concretizado; em termos práticos, ela deveria lançar mão de sua estrutura para a formação efetiva da Universidade de São Paulo. (OLIVEIRA, 2011, p. 34)

Para fundar a USP, foi necessária a “importação” de professores e pesquisadores. Ribeiro (1955) destaca que:

Mas o maior serviço prestado por Teodoro Ramos às pesquisas físicas e matemáticas no Brasil foi, por certo, a organização inicial da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, para cuja criação contribuiu decisivamente, tendo-lhe cabido a difícil e delicada tarefa de escolher os professores e pesquisadores que deveriam construir as primeiras equipes de trabalho dos Departamentos Científicos da referida Faculdade. Para isso fez uma viagem à Europa, pondo-se em contato direto com os principais meios científicos nos quais era conhecido e respeitado, e nêles colheu as informações que lhe permitiram trazer para o Brasil um excelente grupo de professores aos quais se deve o magnífico surto de pesquisas nos domínios da matemática e da Física naquela faculdade (p. 173).

O autor reforça ainda a qualidade da equipe contratada por Teodoro. Segundo o autor:

Deve-se ao elevado critério e à segura visão de Teodoro Ramos a escolha do grupo inicial de professores e pesquisadores que integraram os departamentos científicos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Dentre êstes é justo destacar os nomes dos físicos Gleb Wataghin e Giuseppe Occhialini, os quais, no departamento de física, tiveram o mérito de organizar, com jovens elementos brasileiros (M. D. de Souza, M. Shönberg, P. A. Pompéia, A. De Moraes, O. Sala, Y. Monteux, W. Schutzer, C. M. G. Lattes, H. A. Meier e outros), a primeira equipe de investigadores que iniciaram, entre nós, trabalhos experimentais e teóricos nos domínios da Radiação Cósmica e da Física Nuclear (ibid, p. 175).

Neste período a física nacional se divide principalmente em dois núcleos principais: um em torno de Wataghin na USP, e outro em torno de Bernhard Gross no Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Gross era alemão e chegou ao Brasil em 1933, era profundo conhecedor da física de raios cósmicos, em especial das pesquisas feitas na Alemanha nos primeiros anos da década de 1930.

Vieira e Videira (2010) explicam que, na Faculdade de Ciências e Letras da USP, Wataghin começou um esquema de pesquisa orientador-orientando, tanto em pesquisas teóricas como experimentais. Esta faculdade tinha diferenciais em relação às outras instaladas no país, como salários condizentes, dedicação exclusiva à pesquisa e laboratórios equipados (p.15). Porém, havia uma diferença substancial entre o que aconteceu em São Paulo e no Rio de Janeiro, onde se instaurou a Universidade do Distrito Federal (UDF).

No início daquela década, o estado de São Paulo, apesar de capitalizado com o dinheiro da agricultura cafeeira, perdia prestígio político. A criação de uma universidade nos moldes da USP foi resposta da burguesia paulistana a essa situação. Apesar de um início no estado de industrialização, mesmo que incipiente, não houve, como foi dito, pressão do sistema produtivo paulistano na criação dessa universidade. No Rio de Janeiro, uma confluência de fatores levou à criação da UDF em moldes que também envolviam o encontro do ensino e da pesquisa. Entre esses fatores estão: i) movimento em prol da ciência pura, que se concretizou, em meados da década de 1910, na fundação da Sociedade Brasileira de Ciências (mais tarde Academia Brasileira de Ciências), II) Movimento pela modernização do ensino no país, liderado pelo educador baiano Anísio Teixeira, que liderou a criação da UDF a pedido do então prefeito do Rio de Janeiro, Pedro Ernesto (VIEIRA e VIDEIRA, 2010 (p. 17-8).

A UDF foi fechada anos mais tarde pelo presidente Vargas, por motivos políticos e por forte influência da igreja católica que queria o monopólio da educação superior no país.

Nas décadas de 1940 e 1950 começa a fase de internacionalização da ciência brasileira. Destacamos aqui a primeira geração de físicos atuantes neste período, como César Lattes, José Leite Lopes, Mário Schenberg, Marcelo Damy de Souza, Oscar Sala e muitos outros.

Vieira e Videira (2010, p. 21) apontam que cerca de 5 anos depois do início das pesquisas sistematizadas em física no Brasil, os primeiros resultados experimentais aparecem. Cita o trabalho de Wataghin com Damy e Pompéia sobre os chuueiros penetrantes de raios cósmicos.

Outros resultados destacados são os trabalhos teóricos de Mário Schenberg. O brasileiro elaborou, juntamente com o físico russo George Gamow, na universidade de George Washinton, o chamado Efeito Urca que explica processos de perda de energia em supernovas. Para Oliveira (2011):

Mais uma vez foi Schenberg quem esclareceu a ação dos neutrinos na explosão das supernovas: “o neutrino, quando há uma emissão, transporta a maior parte da energia termonuclear”. Com esses dados Gamow percebeu que somente o neutrino poderia ocasionar uma explosão estelar, porque, conseguindo atravessar uma massa muito grande de matéria, esfriaria o centro da estrela, que estaria muito quente, produzindo o colapso que ocasionaria uma expansão da camada externa. A existência real o neutrino somente foi comprovada décadas mais tarde, por meio de estudos experimentais (p. 46-7).

Outro trabalho em colaboração com um estrangeiro, o indiano Subramanyan, em 1941, chegam ao limite Chandrasekhar-Schenberg, relacionado à evolução de estrelas como o sol.

Os resultados do estudo sobre a evolução do Sol estabeleceram o Limite de Chandrasekhar-Schenberg para estrelas da sequência principal, onde demonstraram que as estrelas com massa até 1,44 massas solares transformar-se-iam em anãs brancas quando sofressem o colapso ao término do processo que convertera hidrogênio em hélio. Acima desse limite, o colapso resultaria em estrelas de nêutrons ou, quando as estrelas originais são supermassivas, tornar-se-iam buracos negros. De acordo com a tese dos cientistas, o Sol se tornaria uma anã branca em 10 milhões de anos. (ibid., p. 48)

Neste mesmo período acontecia a Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945), fato histórico que não pode ser ignorado, uma vez que causou uma séria de reviravoltas na ciência mundial. Para o Brasil, uma das consequências foi a perseguição dos professores italianos, que tiveram que abandonar suas atividades na USP. Lattes relata que Occhialini, por exemplo, não podendo ministrar aulas por ser inimigo civil, foi trabalhar como alpinista (LATTES, 2001, p. 38).

Por todo o mundo, vê-se durante este período um grande fluxo de pessoas fugindo da guerra (ou se alistando para combater), e especialmente na Europa, este fluxo era maior. “A situação política da Europa no final de 1938, era o início de um processo de “expulsão de cérebros”, pois as condições de extremismo forçavam a imigração dos grandes cientistas não simpatizantes do nazismo ou do fascismo para áreas mais neutras como os Estados Unidos” (OLIVEIRA, 2011, p. 43-4). Nesse período, por exemplo, Schenberg se encontrava na Itália e fugiu para Zurique à procura de neutralidade política e de pesquisa, uma vez que a pesquisa científica era cooptada para esforços de guerra.

1.5. A física brasileira na Quarta República (1945 - 1964)

A Segunda Guerra mundial mostrou ao mundo o poder da ciência. Com a explosão das primeiras bombas atômicas começa uma corrida por obtenção da tecnologia nuclear, pois agora ela se tornara sinônimo de soberania. Este cenário torna propício o desenvolvimento científico

Após a Segunda Guerra Mundial, o Brasil – como tantos outros países com ou sem tradição em ciência – viu-se na obrigação de criar ou reorganizar suas instituições científicas e de apoio à ciência (por exemplo, agências de financiamento). A prática da ciência após 1945 não seria mais aquela que havia predominado até então. A partir do fim do conflito, seria necessário angariar enormes recursos financeiros, logísticos, humanos, além de conexões com setores industriais, políticos e militares, para que a ciência e seus parceiros alcançassem os resultados pretendidos. Tudo deveria ser feito no menor prazo possível, para que a distância com relação aos países desenvolvidos não aumentasse a ponto de tornar o atraso definitivo. (SBF, 2016, p. 14)

Consequência disso foi a expansão dos centros de pesquisa e ensino para fora do eixo Rio-São Paulo. Sobre este momento, Motoyama (1979) destaca que o Brasil passa por um processo de construção de uma comunidade de físicos, nas palavras do autor:

Assim a física se espalhava por todo o Brasil formando uma comunidade mais abrangente. Todavia seria ilusório pensar que essa institucionalização teria resultado do seu reconhecimento no plano sócio-econômico ou mesmo cultural. Em verdade, a infra-estrutura continuava madrastra e seu desenvolvimento se deu mais em função dos estímulos externos, como a bomba atômica ou os satélites artificiais. Uma prova disso é a grande crise financeira que quase dizimou o CBPF no fim da década de 50 e no início da seguinte. Na origem desta crise estava subjacente o debilitamento visível, na época, do seu maior órgão financiador, o CNPq, em virtude deste ter afastado da área da energia nuclear. (p.81)

Logo após a guerra, José Leite Lopes vai estudar na Universidade de Princeton, onde se doutora, em 1946, sob orientação de Wolfgang Pauli. Leite Lopes foi o primeiro físico brasileiro a obter um título de doutor no exterior. Pauli já era um cientista muito reconhecido na época, sendo um dos criadores da Mecânica Quântica.

Neste mesmo período César Lattes, recém formado, estava em Bristol estudando raios cósmicos com Occhialini e Wataghin que, assim como todos os professores italianos no Brasil, tiveram que sair do país por conta da guerra. Marques (2005) relata que:

Muito antes de se revelar um especialista em Emulsões Nucleares, Lattes construiu e operou, ainda estudante, uma Câmara de Wilson por sugestão de Giuseppe Occhialini. O Brasil entrou na 2ª Guerra no ano em que Lattes ingressou no Departamento de Física da USP como estudante de graduação. Após trabalhos teóricos com Wattaghin e com Schenberg, decidiu transferir-se para a física experimental, influenciado por Occhialini. Este fora nomeado pouco antes para o Departamento de Física da USP por G. Wattaghin para atender um pedido de seu pai, temeroso de que Occhialini fosse preso pela polícia política de Mussolini em função de suas posições abertamente antifascistas. Occhialini era um especialista em câmaras de Wilson de excelente reputação, com trabalhos da maior repercussão feitos na Inglaterra com P.M.S. Blackett. Lattes foi iniciado em um projeto de uma Câmara de Wilson sob a orientação de Occhialini, projeto que, entretanto, não foi muito longe: logo a seguir a Marinha Brasileira solicitou ao Departamento de Física a participação no desenvolvimento de um sonar para ajudar na detecção de submarinos alemães que circulavam pelo Atlântico Sul. O Departamento foi forçado a tomar atitudes burocráticas discriminatórias contra Wataghin e Occhialini, ambos cidadãos italianos, portanto tecnicamente considerados inimigos civis. Wataghin foi afastado da Chefia do Departamento e Occhialini conseguiu um emprego como guia turístico para escaladas numa pousada no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, em Itatiaia. Lattes convidou dois colegas do curso de física para juntos assumirem o encargo do projeto da Câmara de Wilson, reconstruindo-a, até a operação final. Terminada a Guerra Occhialini foi para Bristol, atraído pelas inovações havidas nas emulsões fotográficas que as tornavam utilizáveis em pesquisas sobre partículas nucleares. Lá recebeu uma carta de Lattes com uma foto de uma cascata eletromagnética obtida com a câmara de Wilson cuja construção completara. Occhialini mostrou a foto a Powell, Chefe do Laboratório H.H. Wills, convencendo-o a oferecer a Lattes um estipêndio que o pudesse manter como membro do grupo de pesquisas com emulsões nucleares. Assim, através de sua competência com a câmara de Wilson, Lattes foi levado às emulsões nucleares com as quais viria a descobrir o Píon. (p. 469)

Uma vez em Bristol, Lattes se dedica ao estudo de emulsões de raios cósmicos em chapas fotográficas, e solicita à Powel que obtenha recursos para que vá até a América do Sul fazer exposições. Nas palavras do próprio cientista:

Fui ao Departamento de Geografia da Universidade de Bristol e descobri que havia uma estação meteorológica no Clube Andino Boliviano, a 18,6 mil pés, a cerca de 20km por estrada da capital da Bolívia, La Paz. Propus então a Powell e a Occhialini que me conseguissem fundos para que eu viajasse para a América do Sul, onde cuidaria de expor chapas carregadas com bórax, mais um punhado de libras, o suficiente para me levar ao Rio de Janeiro, e dali, de volta a Bristol.[...] De volta ao Rio, em 1947, as chapas foram devidamente processadas e varridas, e cerca de 30 “mésons duplos” achados. [...] Os resultados nos convenceram que estávamos trabalhando com um processo fundamental. Identificamos o méson mais pesado com a partícula de Yukawa e seu secundário com o méson de Carl Anderson (LATTES, 2001, p.10-11).

Lattes comprovou experimentalmente a existência do méson π (ou pión), partícula prevista teoricamente por Hideki Yukawa, que seria responsável pela mediação da força nuclear forte. Esta comprovação foi uma peça importante para a física de partículas. Logo em seguida, Lattes foi trabalhar em aceleradores para detectar pions produzidos artificialmente.

No fim de 1947, deixei Bristol, com uma Rockefeller Fellowship com a intenção de tentar detectar pions artificialmente produzidos no cíclotron de 184 polegadas que havia começado a funcionar em Berkeley, Califórnia, em novembro de 1946. O feixe de partículas α era de apenas 380 MeV (95 MeV/núcleon), uma energia insuficiente para produzir pions. Apostei nas colisões “favoráveis”, nas quais o momento interno de um núcleon na α mais os núcleons do alvo de carbono e o momento do feixe fornecia energia suficiente no centro do sistema de momento. Os resultados mostraram que mésons estavam, com efeito, sendo produzidos (ibid., p. 14).

Vieira e Videira (2010) destacam a importância dessas descobertas no cenário internacional e seu impacto no Brasil. A detecção no acelerador mostrou a viabilidade deste tipo de equipamento e abriu espaço para a construção de aceleradores maiores e mais potentes.

No Brasil, Leite Lopes usou sua influência para garantir a divulgação dessa descoberta pela imprensa, e depois aproveitou o momento para impulsionar um projeto de criação de um centro de pesquisas em física no Brasil.

A repercussão no Brasil foi elemento-chave para dar o amálgama final a uma aliança, com tom fortemente nacionalista, entre a pequena comunidade de físicos da época com militares, intelectuais e políticos. Pouco depois, os físicos ganharam o apoio de cientistas de outras áreas. O lugar apropriado para a criação desse centro seria a Universidade do Brasil. Todavia, esta não oferecia base sólida para a prática científica. Optou-se então pela criação de um centro privado: o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949 (VIEIRA e VIDEIRA (2010, p. 24).

Com a abertura do CBPF novas colaborações foram sendo estabelecidas e a física no Brasil começou a ter um caráter mais sólido. O laboratório de Chacaltaya, onde Lattes trabalhou, logo se tornou uma referência na pesquisa de física de partículas. Nos anos seguintes à abertura do CBPF houve intensa movimentação lá.

Também era intenso o intercâmbio com visitantes estrangeiros; nesse período o Laboratório de Chacaltaya alcançou reputação internacional como centro de investigações sobre a radiação cósmica. A medida da vida média do Píon constituía parte de um programa que Lattes se propusera: completar a descrição científica daquela partícula. [...] O experimento em Chacaltaya usava cintiladores orgânicos líquidos, pela velocidade da resposta, e dispositivos eletrônicos diversos para formar, selecionar e contar os impulsos em coincidências dos cintiladores. Esses instrumentos estavam todos sendo construídos e testados no CBPF. Nossos técnicos, quase todos oriundos do radioamadorismo ou dos reparos em receptores de rádio, não desfrutavam de familiaridades com as sutilezas da eletrônica na faixa do nanosegundo. Tampouco as válvulas eletrônicas a vácuo disponíveis no país se adequavam àquelas tarefas. Assim, Lattes perdeu a corrida para os físicos trabalhando em aceleradores que já contavam com recursos humanos qualificados em eletrônica rápida e componentes adequados: em 1951 mediram a vida média do méson- π , usando mésons artificialmente produzidos. Entretanto essa etapa criou no CBPF uma competência nessa área que viria a ser útil em futuros trabalhos. As atividades em Chacaltaya propiciaram também completa autonomia em toda uma linha de instrumentos eletrônicos - fontes de alimentação de alta e baixa tensão, escalímetros, discriminadores, circuitos de coincidências, com resoluções na faixa do microssegundo - capazes de atuar em experimentos com detectores Geiger-Müller, bem como uma linha de produção doméstica desses detectores para outros experimentos em Chacaltaya. Essa autonomia foi perdida na década seguinte quando da substituição da válvula eletrônica a vácuo pelo transistor, mercê de profunda crise de recursos que desabou sobre o CBPF quando essa inovação apareceu (MARQUES, 2005, p. 470).

O início da década de 1950 é marcado pelo que Ribeiro (1955) caracteriza como “um marco decisivo na história do desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil” (p.182), com a criação do Conselho Nacional de Pesquisas (atualmente CNPq). Com a criação do conselho, recursos federais

eram destinados à pesquisa, aquisição de equipamentos e bolsas de doutoramento, o que impulsionou fortemente a pesquisa no Brasil.

Ainda em 1950 é fundado em São Paulo o Instituto de Física Teórica (IFT), por iniciativa do engenheiro José Hugo Leal Ferreira, com apoio o alto escalão militar da época, interessados em obtenção de tecnologia nuclear (SBF, 2016, p. 13). O IFT hoje é uma referência em pesquisa em física na América do Sul, e foi incorporado à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

Tanto o IFT quanto o CBPF foram obra conjunta das esferas civil, política e militar. Por este motivo os militares tiveram uma participação importante e significativa nestas instituições. Tavares (2015) se dedicou a estudar a participação dos militares nestas duas instituições.

No caso do CBPF, existiram militares atuando tanto nos esforços para sua formação e manutenção institucional, bem como envolvidos diretamente na condução de projetos científicos. Os detalhes da atuação militar em projetos científicos no CBPF são menos conhecidos, já que, historicamente, militares ocuparam a presidência do CBPF em momentos de crise para assegurar a estabilidade institucional, como no caso do general Edmundo Macedo Soares, que assumiu a presidência quando ocorreu o escândalo do desvio de verbas destinadas à construção do acelerador de partículas em 1954 (p. 9).

No caso do IFT, ainda em 1948 o general Canrobert Pereira envia uma carta ao coronel Renato Paquet na qual endossa que “É evidente a importância que tal empreendimento [a criação do IFT] representa para o Exército, dada a possibilidade de transplantação para o domínio técnico e militar dos fatos científicos e técnicos apurados e desenvolvidos nos laboratórios experimentais” (TAVARES, 2013, p.70).

De fato a manutenção deste tipo de estabelecimento era estratégica para os militares, dado o contexto do pós-guerra no qual o mundo todo embarca numa corrida para obtenção de energia nuclear. Os militares não apenas mantinham estes espaços como deles faziam uso. Há relatos de projetos executados sob sigilo. Tavares (2015) ressalta que:

De certa forma, estas conexões evidenciam que a presença militar nos quadros do CBPF oferecia a possibilidade de o Exército brasileiro fazer uso de facilidades de um centro de pesquisa de acordo com seus interesses e com sua política de ação. Se os cientistas do CBPF não eram procurados para tomar parte dos projetos militares, as

ferramentas existentes no Centro circulavam através dos sujeitos históricos que transitavam por estes espaços diferentes (p. 13).

Este momento de efervescência científica no país marca o início da chamada Era das Máquinas, no Brasil. As décadas de 1950 e 1960 foram marcadas pela instalação dos primeiros aceleradores de partículas no Brasil. No relato de Vieira e Videira (2010):

No cenário brasileiro, em 1950, um bétatron capaz de acelerar elétrons a energia de 22 MeV foi instalado em São Paulo sob direção de Damy. Essa máquina foi empregada para estudar interações de radiações eletromagnéticas com o núcleo atômico. Quatro anos depois iniciou-se a montagem e a instalação de outra máquina, um gerador de van der Graaf (prótons, 3,5 MeV), agora sob a supervisão de Oscar Sala. Um dos principais resultados da introdução dessas máquinas foi a formação, em torno delas, de grupos de físicos experimentais em São Paulo, entre eles muitos jovens (p.30).

Na década de 1960, com financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (atual BNDES), foram adquiridos dos Estados Unidos, um acelerador linear de 75MeV e um péllotron, que podia acelerar prótons à 22 MeV (ibid, p.33). Ambos foram instalados na USP. Já o CBPF, nas décadas de 1960 e 1970, passou a sediar 4 aceleradores lineares de energias entre 4 MeV e 20 MeV.

Nesta mesma década começa a tomar corpo um programa nacional de institucionalização da pós-graduação, que começara na década de 1930. Como nos lembra Velloso (2014):

Os primeiros passos da pós-graduação no Brasil foram dados a partir de 1930, com a proposta do Estatuto das Universidades Brasileiras, no qual Francisco Campos, que dirigia o recém criado Ministério da Educação e Saúde Pública, propunha a implantação de uma pós-graduação nos moldes europeus. [...] Já em 1950, começaram a ser firmados acordos entre Estados Unidos e Brasil que implicavam em uma série de convênios entre escolas e universidades norte-americanas e brasileiras por meio do intercâmbio de estudantes, pesquisadores e professores [...]. As duas tendências mais fortes que marcaram a pós-graduação brasileira foram a europeia, (principalmente na Universidade de São Paulo -USP) e a norte-americana (Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, Universidade Federal de Viçosa - UFV e Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ), sendo esta última a que mais marcas deixou (p. 5-6).

Apesar destes esforços, a pós-graduação só foi oficialmente institucionalizada em 1965, pelo empenho de Newton Sucupira. Como nos lembra Velloso (2014)

A implantação formal dos cursos de pós-graduação no Brasil se deu, definitivamente, em 1965, com o Parecer nº 977/65 de 3 de dezembro de 1965 do Conselho Federal de Educação (CFE), emitido por Newton Lins Buarque Sucupira. Com formação em História e Filosofia da Ciência, participou durante 16 anos do CFE e ficou conhecido como o “pai da pós-graduação” pela da importância na regulamentação deste nível de ensino no Brasil. Segundo Helena Bomeny (2001, p. 59), a presença de Newton Sucupira, “modificou a própria estrutura de pensamento do CFE de uma atitude prático-especulativa da Filosofia da Educação, para uma perspectiva mais prática das implicações dos processos educacionais” (p. 7).

Foi Newton Sucupira quem definiu as diretrizes da pós-graduação brasileira, definindo que

[...] a origem da pós-graduação, sua necessidade, seu conceito, o exemplo da pós-graduação nos Estados Unidos, a pós-graduação na LDB de 1961, a pós-graduação e o Estatuto do Magistério, e a definição e caracterização da pós-graduação. Estabelece a pós-graduação como um escalão dos estudos avançados na estrutura educacional brasileira, em sentido amplo, que possibilita uma gama de habilitações em cursos *stricto sensu*, dois níveis independentes e sem relação de pré-requisitos - mestrado e doutorado. E incluiu os mestrados profissionais ao lado dos mestrados acadêmicos. Assim, em virtude dessa organização, a Universidade passou a se dividir em dois grandes planos que se superpõem hierarquicamente: a graduação e a pós-graduação (ibid, p.7).

No Parecer, Sucupira afirma: “É quando a universidade deixa de ser uma instituição apenas ‘ensinante’ e formadora de profissionais para dedicar-se às atividades de pesquisa científica e tecnológica” (ibid, p. 7-8).

1.6. A física brasileira e a Ditadura Militar (1964 – 1985)

Em 1964, vemos o início da Ditadura Militar no Brasil. Kinoshita (2014) nos lembra que:

Enquanto o presidente João Goulart partia para o exílio, nos primeiros dias de abril de 1964, o marechal Castello Branco foi designado novo presidente do país. Um dos primeiros feitos do novo governo foi baixar o Ato Institucional nº 1 e, numa primeira leva, foram cassados 40 mandatos políticos. [...] O ano de 1964 findou com as primeiras notícias de tortura e cerca de 4.500 pessoas punidas pelo AI-1, dos quais 2.750 militares (p. 229).

Esse ano inaugura um período sombrio na história do país, e teve grande impacto na ciência. Professores e alunos foram perseguidos, tiveram seus cargos cassados, tendo o auge das perseguições acontecido entre 1969 e 1972 (SBF, 2016, p.15).

Nesses anos, o ambiente, no país, tornou-se árido para a prática da pesquisa científica, dada a intervenção nas universidades, as perseguições de pesquisadores e o constante clima de repressão e controle. Entre os físicos, os teóricos parecem ter sido mais prejudicados, por causa das cassações de lideranças históricas, como Schenberg, Leite Lopes e Tiomno (ibid., p.15).

Entre os experimentais houve menos problemas. Damy já havia trabalhado juntamente com os militares num projeto para a construção de um sonar, durante a Segunda Guerra. Lattes, na época, trabalhava na colaboração Brasil-Japão, e durante a ditadura não chegou a ser perseguido, provavelmente por seu grande prestígio internacional ou pelo renome que mantinha entre os militares. As consequências para o CBPF foram amenizadas por outro fator: a presença dos militares neste centro. Tavares (2015) relata que:

No acirramento da ditadura militar brasileira no final de 1968, o AI-5 aposentou, em maio do ano seguinte, compulsoriamente José Leite Lopes, Jayme Tiomno e Elisa Frota Pessoa, ao lado de outros físicos conhecidos e a física brasileira perdeu a oportunidade de tê-los como orientadores de estudantes à frente de projetos de pesquisa. Ainda na ditadura militar, o fato de o CBPF ter tido oficiais de alta patente em seus quadros amenizou um pouco algumas situações que poderiam ter sido piores. Quando Leite Lopes foi preso, o general Argus, que era avesso à comentários favoráveis à ditadura, dirigiu-se à delegacia para usar sua influência e tirá-lo da prisão. [...] Era uma situação um tanto paradoxal para o Governo militar, pois a ciência estava na base dos anseios desenvolvimentistas do Brasil e alguns cientistas – fundadores do CBPF – nutriam simpatias pelo comunismo, quando não o eram de fato. Esta inclinação de alguns físicos a sistemas de governo com base na igualdade e liberdade era inaceitável para o Governo militar e gerou situações onde os militares que trabalhavam no CBPF tiveram que usar da influência de sua farda para evitar a concretização de ameaças às dependências do Centro e para livrar cientistas da prisão (p.14).

Schenberg, por exemplo, era militante do Partido Comunista Brasileiro (PCB), e foi um dos primeiros a ser perseguido. Lattes, viajava para a Itália, interessado na hipótese de que as constantes do Universo variavam com a sua idade, bem no momento em que o golpe ocorreu. Nas palavras de Lattes (2001):

Custou convencer os italianos que eu não era refugiado político, pois de fato não tinham feito nada contra mim, não é mesmo? Mas o Schenberg já estava preso. Ele era filiado ao PC, mas eles não fizeram muita distinção. Teve gente que não tinha nada a ver com o PC, mas foi presa só por ser amiga do Schenberg. Passei um ano em Pisa. Vim duas vezes por causa do Schenberg, para livrá-lo da cadeia, porque ele fugiu e, depois, era preciso convencer a justiça a libertá-lo. Não foi difícil. Com esse propósito, estivemos, Fernando de Azevedo e eu conversando com um juiz que nos disse: “Diga para o professor Schenberg que, se quiser um lugar seguro para se esconder, a minha casa está às ordens” (p. 69).

No que diz respeito à própria USP, Kinoshita (2014) nos lembra que as perseguições começaram ainda em 1964.

Poucos dias após a implantação da ditadura, a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras foi invadida por forças policiais, sem um único gesto de protesto do reitor face a uma violência extrema. Ao contrário, ele havia estabelecido um ambiente de “caça às bruxas”, totalmente estranho às tradições universitárias, ao nomear uma comissão composta por três professores das “grandes escolas” (Faculdade de Direito, Faculdade de Medicina, e Escola Politécnica) para investigar atividades subversivas na USP (p. 236).

Porém, juntamente com a perseguição e a violência, vieram investimentos e uma expansão da pós-graduação no país. Assim, os físicos da época tiveram que se adaptar ao novo cenário, ambíguo, vivendo e trabalhando sob vigilância e também auxiliando em projetos de desenvolvimento nacional em áreas estratégicas como comunicação, energia, armamentos, entre outros.

Há, ainda, pouco estudo e poucas análises a respeito dos impactos da ditadura militar na ciência brasileira. Moreira (2014) escreveu um artigo para a *Ciência e Cultura* no qual faz um apanhado de fatos e trás uma série de dados coletados, em diversos trabalhos, a respeito dos impactos da ditadura nas universidades brasileiras. Moreira visita o trabalho de Rodrigo Patto, que aponta aspectos do projeto autoritário-modernizador do regime.

A existência de um espectro de atitudes entre os acadêmicos e os professores universitários, no período ditatorial, que passava por resistência, acomodação, omissão ou adesão; b) o paradoxo aparente de perseguições violentas a cientistas, professores e estudantes – muitos dos quais foram cassados, aposentados, presos ou mortos – enquanto o regime repassava recursos para C&T [ciência e tecnologia] e apoiava a pós-graduação em uma escala ainda não vista no país; c) A existência da “operação retorno”, especialmente entre 1967 e 1968, que buscou trazer de volta cientistas brasileiros que atuavam no exterior, no mesmo momento que excluía outros; d) A decisão política de se implantar a reforma universitária, de forma autoritária e limitada em vários aspectos, mas incorporando muitas das ideias e propostas dos setores universitários progressistas (MOREIRA, 2014, p. 49).

Moreira nos lembra ainda de um momento crucial: a declaração do Ato Institucional nº 5, momento no qual as perseguições políticas se intensificaram. Motoyama (2006) destaca como o AI-5 foi base jurídica para a repressão.

Os militares linhas-duras viam os protestos das classes trabalhadora e estudantil como um sinal de excesso de liberdade, que acabava permitindo a infiltração de idéias subversivas. [...] No poder, o General Médici e seus aliados iniciam uma violenta repressão visando a exterminar os focos de “subversão” da sociedade brasileira.

Arma-se um enorme e violento aparelho repressivo, usando o AI-5 como base jurídica para aplicação das medidas de exceção. Ao mesmo tempo, como uma estratégia para neutralizar as agitações estudantis, o governo militar inicia o processo da reforma universitária (p. 151).

Em abril de 1969, 41 professores foram aposentados compulsoriamente, dentre eles os já citados José Leite Lopes e Mário Schenberg (ibid., p. 50). Em contrapartida, os professores que não foram perseguidos se alinhavam com o regime estabelecido. Motoyama (2006) afirma que:

Ao mesmo tempo que os professores aposentados eram vistos como inimigos do governo militar e subversivos, outros ocuparam cargos de grande destaque no regime nesse período. O reitor da USP de 1963 a 1969, o professor Luís Antônio de Gama e Silva, da Faculdade de Direito do Largo São Francisco, licenciou-se da reitoria em 1967, para exercer o cargo de ministro da justiça até 1969. Na verdade, ele já havia ocupado este cargo, junto com a pasta da Educação e Cultura, por brevíssimo período, em 1964. Professor da cátedra de Direito Internacional Privado, ele foi o jurista responsável pela elaboração do Ato Institucional nº 5 (p. 151).

O excerto acima trás apenas um exemplo, mas o autor aponta inúmeros outros com detalhes de diversos intelectuais que foram figuras ímpares para o regime vigente. Os impactos foram evidentes.

Após o impacto inicial da reforma universitária e a realização do expurgo dos elementos considerados subversivos da Universidade de São Paulo, ocorreu um período de calma relativa no ambiente universitário, uma vez que as pessoas que contestavam o regime haviam sido retiradas de suas posições e as que ficaram, temiam as atividades do aparelho de repressão. A transferência para a Cidade Universitária também serviu para refrear o ímpeto dos estudantes que passaram a enfrentar uma dificuldade muito maior para se reunir, não só devido às atividades do aparelho de repressão mas por causa da própria distância física entre as faculdades dentro do *campus* (ibid., p. 160).

Durante todo o período da ditadura, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) se manifestaram intensamente em seus boletins, repudiando ações do Governo. Em especial, no episódio citado neste parágrafo, houve um movimento internacional por parte de diversos físicos, incluindo cerca de dez cientistas premiados com Nobel, em manifestar-se com repúdio.

O artigo de Moreira nos lembra ainda de outro episódio marcante, a expulsão de 16 professores da Universidade de Brasília (UnB). Neste mesmo

momento há uma demissão de 223 professores, destes 15 físicos, representando uma saída de 79% dos docentes (ibid., p. 49).

É nesse momento conturbado que a Unicamp e a Unesp começam suas atividades. A Unicamp é fundada em 1962, porém suas atividades efetivamente se iniciam em 1968, já a Unesp é fundada em 1976, a partir da reunião de Institutos de Ensino Superior isolados e espalhados pelo interior paulista. A USP passa por uma expansão na oferta de vagas e pela contratação de mais professores ao longo dos anos 1970. Com a crescente expansão da comunidade intelectual paulista foi necessário mais financiamento, porém o Brasil adentrava a década de 1980 com problemas financeiros (KINOSHITA, 2014, p. 260).

Motoyama (1979) faz uma leitura do cenário da física brasileira para a época.

Em virtude das nossas condições sócio-históricas, os nossos substratos não eram adequados para a investigação científica. Por isso, tivemos de transplantá-los de centros mais avançados cientificamente. Atitude perfeitamente legítima no seu momento histórico, isto é, no instante da formação da comunidade. Contudo, uma vez formada a comunidade de instruídos nos substratos, é mister passar para o estágio seguinte, a indagação sistemática da natureza. Nesse sentido não basta adquirir maestria nos substratos alheios. É preciso desenvolvê-los e utilizá-los criativamente de modo coordenado e sistemático. Só assim deixaremos de ser importadores de teorias, instrumentos e métodos alienígenas. O grande desafio da geração atual reside em ultrapassar esse estágio e entrar no exercício autônomo da investigação científica, uma tarefa árdua, porém necessária (p.91).

1.7. A física brasileira após o regime militar

Dos anos de 1950 até o momento atual tivemos uma expansão significativa na educação superior e na pesquisa. Atualmente temos físicos brasileiros e centros de pesquisa com forte atuação em áreas como física de altas energias, física teórica, cosmologia, relatividade, astrofísica, diversas aplicações à tecnologia e à engenharia, dentre outras. O Brasil conta com inúmeras participações internacionais, bem como trabalhos conjuntos entre universidades brasileiras e estrangeiras.

Segundo relatório comemorativo dos 50 anos da SBF, publicado em 2015 (p. 140), temos atualmente cerca de 4,5 mil doutores em física atuando no Brasil, concentrados 150 instituições de pesquisa e Universidades. As

divisões por área são aproximadamente: 49% em matéria condensada e óptica, 13% em partículas elementares, campos e altas energias; 12% em cosmologia e astrofísica 8% em física atômica e molecular, 7% em física computacional, 6% em física nuclear, 2% em física de plasmas, dinâmica não linear e fluidos; 2% em física biológica e 1% em outras áreas.

Ainda, segundo o relatório, esta diferença é consoante com o cenário internacional, porém há uma discrepância na proporção entre teóricos e experimentais. Os primeiros são cerca de 30% nos países desenvolvidos enquanto que no Brasil representam 50%. Isso se justificaria no fato de que, no Brasil, 90% dos físicos trabalham em universidades e centros públicos, enquanto que no estrangeiro a média é de 30% a 50% trabalhando em empresas.

Este relatório mostra ainda, num panorama amplo, como anda a pesquisa em cada área da física no Brasil. Por exemplo, na área de física nuclear, o relatório aponta que:

No Brasil, há em torno de 180 doutores trabalhando na área da física nuclear. Esse número é igualmente dividido entre físicos experimentais e teóricos. [...] A pesquisa nessa área no Brasil, é bem conhecida internacionalmente, com um número razoável de físicos nucleares que recebem convites regularmente para apresentar palestras em congressos internacionais; que compõe comitês internacionais para a organização de conferências; e que atuam como consultores científicos das revistas mais importantes da área (SBF, 2016, p. 51).

Já no que diz respeito à física de partículas e campos, o relatório afirma que o Brasil possui um futuro promissor. Cita as participações no LHC (Large Hadron Collider) e no CTA (sigla Rede de Telescópios Cherenkov), este último ainda em fase de pré-construção. Destaca ainda os esforços a construção de um detector de matéria escura na América do Sul, na cordilheira dos Andes e ressalta a recém acordada participação brasileira no LSST (Telescópio de Grande Levantamento Sinóptico), cuja construção, no observatório Internacional de Cerro Tololo (Chile) começou o ano passado, com objetivo de estudar a energia escura. Nos lembra ainda de uma colaboração entre Brasil e Espanha, o projeto J-PAS (Levantamento astrofísico Javalambre da Física do Universo Acelerada) que deve entrar em funcionamento em breve (p. 59).

O relatório ressalta ainda a área da pesquisa em Ensino de Física. Esta área começa a ganhar corpo na década de 70, e busca estudar o fenômeno de

produção e uso do conhecimento físico pelos seres humanos (p. 58). Parafraseando o relatório, este tipo de investigação é interdisciplinar, inserido no contexto da produção do conhecimento associada à área de ciências humanas aplicada; e dado caráter educativo, seu ambiente de estudo vai do sistema de ensino ao cotidiano das pessoas (p. 58). A área, apesar de nova, tem ganhado corpo nas universidades em todo país, ampliando e se alinhando com a pesquisa em ensino em todo o mundo. Novas tendências e referenciais de pesquisa tem surgido, abrindo a necessidade e a possibilidade de ampliação da pesquisa no ensino, paralelamente com todo o novo conhecimento científico das últimas décadas.

Sobre a física de plasmas, o relatório demonstra a presença de laboratórios importantes, na subárea de fusão, em três localidades: no instituto de física da Universidade de São Paulo; no Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, em São José dos Campos (SP); e no Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas. Destaca ainda, na subárea de plasmas espaciais e astrofísicos, a existência de grupos bem estabelecidos pesquisando diversos fenômenos como a evolução e dinâmica estelar, nuvens interestelares, buracos negros, pulsares, supernovas, discos de aceleração, dentre outros (p. 65).

Além disso, na área de física atômica e molecular, nota a participação brasileira em uma recente medição precisa da neutralidade da carga de um anti-hidrogênio, trabalho este publicado no periódico *Nature*, em 2016. Observa, ainda, que este resultado possibilita abrir caminho para explicar o que houve com a anti-matéria depois do Big Bang (p. 77).

Na área da física médica, o Brasil atual principalmente na dosimetria de radiações. O relatório aponta que:

Nesse campo desenvolvem-se pesquisas experimentais e teóricas na produção de medidores de radiação (dosímetros) para uso pessoal e ambiental; na investigação de novos materiais para a medição da radiação (por exemplo, cristais naturais brasileiros e gel polimérico); e na simulação de processos de interação da radiação com tecidos biológicos por meio de simulações computacionais (SBF, 2016, p. 84).

Na área de física da matéria condensada é dado destaque à interdisciplinaridade com a química. A físico-química de fluidos complexos é presente em diversos estados brasileiros, bem como coloides magnéticos que

também são bem difundidos no Brasil (apesar de mais recente). Já a físico-química de polímeros, no Brasil, possui trabalhos da década de 1940 e possui grupos de pesquisa consolidados no país. Atualmente trabalha-se por todo o Brasil, tanto com problemas fundamentais (como efeitos da radiação ionizante em polímeros, estrutura eletrônica, propriedades eletrônicas de polímeros conjugados), quanto com aplicações à tecnologia e desenvolvimento de novos materiais (p. 91).

Uma segunda situação na qual a interdisciplinaridade é trazida, no relatório, foi ao se referir a área de física matemática. Citada como uma área bem estabelecida no país, apresenta igualitária divisão entre pesquisadores físicos e matemáticos. Por ser uma atividade predominantemente teórica, esta área acaba por contornar determinados problemas com financiamento, sendo estes mais restritos a questões de bolsas de estudos e recursos para intercâmbios.

Uma terceira situação interdisciplinar diz respeito à física biológica. Nesta área, o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq possui cerca de 370 doutores de 56 grupos de pesquisa em 15 estados brasileiros atuando. Em termos de produção científica estamos abaixo da média mundial (quantitativamente) e precisamos avançar ainda um longo caminho (p. 111).

Apesar de termos avançado muito em comparação com o grande atraso que temos no cenário internacional, ainda há um longo caminho a percorrer para toda a ciência no Brasil. Comparando entre áreas no nosso país, a física é a única área da ciência brasileira cujas publicações tem impacto maior que a média mundial. Os físicos brasileiros hoje somam mais de 4,5 mil doutores em mais de 150 instituições, número este crescente ao longo dos anos (p. 140).

Ao longo das últimas décadas, certamente superamos muitas das dificuldades e começamos a caminhar no sentido de uma independência. Iniciamos o exercício autônomo da investigação científica que citei pelas palavras de Motoyama no final da sessão anterior.

Porém esta autonomia se vê atualmente ameaçada. Cortes significativos nos últimos anos têm ameaçado a ciência brasileira como um todo. E preciso novamente de um esforço institucional e político, bem como de envolvimento da população em prol da ciência para tentar reverter este quadro.

CAPÍTULO 2 - PENSANDO O ENSINO DA FÍSICA BRASILEIRA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Revisando a literatura da área, ou seja, pesquisas publicadas em periódicos científicos e em atas de congressos, é possível afirmar que não foram encontrados relatos ou propostas de inserção de discussões a respeito da Física produzida no Brasil, seja para a Educação Básica ou para a Educação Superior. Por outro lado, é possível, num plano teórico, pensar em estratégias para essa inserção. Este capítulo tem como objetivo apresentar as possíveis justificativas, os conteúdos e as estratégias para o ensino da ciência brasileira, em especial a Física.

É importante salientar que será feita uma explanação abrangente, apontando possíveis caminhos, mas que nem todos eles serão explorados na elaboração da proposta, a qual será apresentada ao final deste trabalho, uma vez que, para fins de pesquisa, não haveria tempo hábil e recursos para esgotar todas as possibilidades, ficando estas como indicativos para estudos futuros.

É preciso também ter em vista que os apontamentos que serão feitos são relativos à experiência prévia do autor com o tema. Fica para o leitor a tarefa de pensar em como abordaria o tema em uma sala de aula do Ensino Médio, e se poderia extrapolar as possibilidades aqui apontadas.

2.1. Por quê ensinar a física brasileira?

Uma breve revisão na literatura permite encontrar artigos que levantam o por que ensinar física. Filgueira e Fernandes (2009), após questionar alunos da graduação em física e alunos do primeiro ano do Ensino Médio sobre “Por que ensinar física?”, classificaram as respostas dos alunos do Ensino Superior dentro de sete argumentos principais, sendo que quatro deles estariam de acordo com estudos encontrados em literatura. São eles:

1 - Avanços tecnológicos e a natureza (da utilidade): o conhecimento em física permite aos indivíduos compreender e explicar fenômenos naturais presentes ou não no seu dia-a-dia bem como o funcionamento de máquinas e aparelhos elétricos [...].

2 - Pensamento científico: o ensino de física contribui para o pensamento científico e investigativo, para a formalização dos conceitos e o rompimento com o conhecimento não científico [...].

3- Desenvolvimento do raciocínio: o ensino de física contribui para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio [...].

4 - Resposta para questões metafísicas (questionamento metafísico): a física é vista como o conteúdo que tem as respostas para questões metafísicas [...]. (FILGUEIRA e FERNANDES, 2009, p. 5)

Além destes quatro, outros três argumentos foram encontrados pelas autoras.

5 - Vestibular e o mercado de trabalho: o ensino de física deve atender às expectativas dos estudantes quando ao vestibular e concursos públicos [...].

6 - Desenvolvimento da ciência e/ou econômico (a econômica): o ensino de física é importante para o desenvolvimento científico e econômico do país.

7 - Transformação do indivíduo e da sociedade (da democracia): o ensino de física contribui para desenvolvimento do pensamento crítico, para a formação de um cidadão mais consciente dos problemas sociais que envolvem a ciência ou mais participativo no seu meio cultural (ibid., p.6).

Já os alunos do Ensino Médio apresentaram as seguintes respostas:

1 - Avanços tecnológicos e a natureza (da utilidade): A física explica muitos fenômenos que nos rodeiam seja esses fenômenos naturais ou consequência dos avanços tecnológicos [...].

2 - Pensamento científico: o ensino de física contribui para o pensamento científico e investigativo, para a formalização dos conceitos e o rompimento com o conhecimento não científico.

3 - Desenvolvimento do raciocínio: A física nos ajuda a desenvolver a capacidade de raciocinar favorecendo outras disciplinas.

4 - Resposta para questões metafísicas (questionamento metafísico): a física é vista como o conteúdo que tem as respostas para questões metafísicas.

5 - Passar de ano, conseguir o curso técnico desejado ou fazer vestibular: É necessário saber física para conseguir uma nota boa, o que pode corresponder a ser aprovado no ano, ser aprovado no vestibular ou conseguir o curso técnico desejado [...].

6 - Desenvolver tecnologias: É o conhecimento em física que contribui com o desenvolvimento de tecnologias utilizadas pelo homem [...].

7 - Despertar curiosidade: As repostas fornecidas pela física aos fenômenos incentivam a busca por mais questionamentos, aguçando ainda mais a curiosidade, pois quanto mais se responde os porquês, mais porquês aparecem. (ibid., p. 7-8)

Os argumentos acima, pensados para a física como um todo, também fazem sentido no caso do Ensino da Física nacional. No entanto, alguns argumentos merecem destaque quando o assunto é ciência brasileira. É o caso, por exemplo, do argumento de número seis, apresentado pelos alunos de graduação, os quais relacionam o desenvolvimento científico de um país ao seu desenvolvimento econômico. Se estamos ensinando ciência para os alunos do Ensino Médio, e atrelando o desenvolvimento científico com a emancipação tecnológica do país, como seria possível fazer esta conexão tratando apenas da Ciência Européia ou Norte-americana?

Ao ensinar física aos alunos brasileiros é preciso falar tanto das questões de soberania de grandes potências e da relação dessa com a ciência nacional. Se a corrida espacial foi tão importante para os Estados Unidos da América (EUA) afirmarem sua soberania durante a Guerra fria, ou a bomba atômica durante a Segunda-Guerra, o que o Brasil têm feito (ou deveria fazer) para garantir sua soberania e emancipação tecnológica? Quais são as políticas de estímulo da ciência nacional? Quais são as condições de trabalho e desenvolvimento científico no Brasil? Existe um problema de êxodo dos cientistas brasileiros para instituições estrangeiras? O que é preciso para tornar o Brasil autosuficiente tecnologicamente? Estas questões, entre outras, deveriam ser abordadas em sala de aula.

Por sua vez, o argumento de número sete, também apresentado pelos alunos de graduação, relaciona o conhecimento em física com a esfera social. Na legislação brasileira, o PCN+ aponta que:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL, 2002, p.56)

O excerto acima resume os objetivos do ensino da física para o aluno da educação básica. O destaque ao papel do aluno como cidadão atuante, interventor da sua realidade e contemporâneo se alinha fortemente com a proposta aqui apresentada. Sendo a ciência nacional majoritariamente financiada pela esfera pública, a escolarização básica deve contemplar discussões acerca da ciência brasileira, ensinando-a para todos os cidadãos.

No cenário político atual, com cortes na ciência nunca antes vistos na história do país, torna-se ainda mais imprescindível que todas as pessoas tenham conhecimento de qual é o trabalho dos cientistas brasileiros, qual a importância da pesquisa para o país, para que possam se manifestar no que diz respeito às expectativas para com o tratamento que seus representantes eleitos darão à ciência. Em outras palavras, se é esperado que o conhecimento científico possibilite que o estudante compreenda e participe do mundo em que vive, deve-se inserir discussões acerca da ciência do país onde vive.

Para além das questões de cidadania, temos a questão cultural. Pensando a escola como o espaço no qual se propaga uma parcela do conhecimento humano, ao qual os alunos têm o direito de ter acesso, por que esta negligência com a importância da Ciência Brasileira para a educação do povo brasileiro?

Entendendo a ciência como parte da cultura de um povo, deveria ser tarefa da escola garantir que os estudantes tivessem acesso ao conhecimento científico desenvolvido dentro do seu país, uma vez que ele integraria um conjunto de conhecimentos que são parte da cultura deste país e da humanidade, juntamente com nossos pintores, escritores, cantores, atores e todos os sujeitos envolvidos nas demais esferas de produção de conhecimento.

Deste ponto de vista, deve ser tão relevante ensinar as pesquisas de César Lattes, quanto é apresentar os romances de Machado de Assis, tão importante falar da história das nossas instituições de pesquisa quanto apresentar a importância da Primeira Semana de Arte Moderna de 1922. Esta perspectiva de ciência como cultura não é nova, sendo uma vertente já estabelecida na literatura. No Brasil, o pesquisador João Zanetic foi pioneiro nesta temática. Segundo ele:

Quando se fala em cultura, raramente a física comparece na argumentação. Cultura é quase sempre a vocação de obra literária, sinfonia ou pintura; cultura erudita, enfim. Tal cultura, internacional ou nacional, traz à mente um quadro de Picasso ou de Tarsila, uma sinfonia de Beethoven ou de Villa Lobos, um romance de Dostoiévski ou de Machado de Assis, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell! (ZANETIC, 2005, p. 21)

Zanetic (2005) aponta os benefícios deste tipo de aproximação para o aprendizado do aluno. Para ele:

Um cidadão contemporâneo é ensinado que a física é esotérica, que nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura. Com exceção de experiências isoladas que professores levam para suas salas de aula, muitas vezes decorrentes da pesquisa em ensino de física desenvolvida no país, no geral a física é mal ensinada nas escolas. O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. Para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social. (ibid., p. 21)

Nesse sentido, o ensino da física por meio do paradigma cultural pode contribuir para uma maior conceituação por parte do aluno, tornar o ensino mais atrativo. Com o ensino da Física Brasileira não seria diferente, e mais ainda, mostraria que existe uma história da ciência ausente na narrativa dos livros, nos quais se apresenta majoritariamente europeia e norte-americana, o que abre espaço para uma crítica ao eurocentrismo e uma valorização da cultura científica nacional, dos nossos pesquisadores e instituições, da história do nosso país, e da nossa identidade como brasileiros e brasileiras.

Esta crítica pode ser ampliada para uma perspectiva diferente, o que nos leva a um terceiro motivo que justificaria o ensino da Física Brasileira, qual seja a de que essa tem grande potencial para desenvolver aspectos relacionados tanto à Natureza da Ciência (NDC) quanto à História e Filosofia da Ciência (HFC). Moura (2014), apresenta uma definição de Natureza da Ciência que se alinha aos propósitos desta dissertação¹. Nas palavras do autor:

A natureza da Ciência é entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico. Isto pode abranger desde questões internas, tais como método científico e relação entre experimento e teoria, até outras externas, como a influência de elementos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição de ideias científicas. A compreensão da natureza da Ciência é considerada um dos preceitos fundamentais para a formação de alunos e professores mais críticos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem. Por isso, a defesa pela incorporação de discussões sobre a NDC no ensino tem sido uma constante em diversos âmbitos da educação, desde as políticas governamentais até as pesquisas acadêmicas. Neste caminho, tem se destacado a importância da História e Filosofia da Ciência como uma das maneiras de promover uma melhor compreensão da natureza da Ciência, à medida que seus estudos historiográficos trazem elementos que subsidiam discussões acerca da gênese do conhecimento científico e os fatores internos e externos que a influenciam. (p. 32)

Nesse sentido, o ensino da Física Brasileira poderia contribuir muito na quebra de paradigmas. Por exemplo, ao mostrar aos alunos o desenvolvimento histórico da física do Brasil podemos apresentar uma narrativa diferente da tradicional que evidencie aspectos antes não considerados, o que pode ser utilizado para questionar a linearidade das narrativas científicas hegemônicas,

¹ Vale ressaltar que não há um consenso dentro da academia sobre uma definição de Natureza da ciência, esta é ainda uma discussão em aberto. Desta forma a definição aqui apresentada é baseada em uma interpretação que se alinha aos propósitos deste trabalho.

trazendo à tona uma série de questionamentos a respeito do funcionamento das ciências e o papel dos países emergentes no desenvolvimento científico.

Inserindo discussões a respeito da Ciência Nacional por meio de um viés histórico é possível aproximar a história do Brasil, que já é ensinada na escola básica, com a história da física brasileira, o que permite trazer à tona a relação entre a ciência, sociedade, e política, bem como a influência das instituições dominantes na formação do pensamento científico no contexto de cada época.

Fazer ciência no Brasil colonial era substancialmente diferente de fazer ciência na república, uma vez que haviam projetos de nação diferentes em execução. Da mesma maneira, houve uma nova ruptura na Ditadura Militar, momento no qual os cientistas, por um lado eram perseguidos, e por outro lado recebiam verba com vista à desenvolver a ciência em esferas específicas, de interesse dos militares. Este tipo de contextualização permite debater profundamente aspectos da NDC.

2.2. O que ensinar da física brasileira?

Na sessão anterior foram elencadas algumas justificativas a respeito do por que ensinar a Física brasileira. Na sequência, serão apresentados alguns dos conteúdos possíveis de serem ensinados.

Uma primeira possibilidade seria apresentar a história da Física Brasileira, em todos os períodos conhecidos e registrados na literatura. O capítulo 1 desta dissertação apresenta um apanhado geral dos diferentes episódios históricos e alguns de seus atores. Porém, esta abordagem histórica não precisa se limitar a esses, podendo englobar aspectos mais locais, como a história das instituições de pesquisa do estado ou município do professor.

Do ponto de vista espacial, o desenvolvimento histórico pode então, ser apresentado à nível nacional, regional ou até mesmo local. Do ponto de vista temporal a atividade didática na perspectiva histórica não precisa se limitar à fatos passados. Trazer à tona o momento atual pelo qual a ciência passa, bem como fazer projeções para o futuro também são possibilidades.

Se olharmos ao passado veremos episódios em que estudos aparentemente “inúteis” de determinados fenômenos foram capazes de nos fornecer tecnologias revolucionárias. Que projeções poderiam ser feitas para o

futuro da pesquisa de base (ou mesmo a pesquisa aplicada) que vem sendo desenvolvida por brasileiros hoje? O que os cientistas do nosso país, do nosso estado ou até mesmo da nossa sua cidade estão pesquisando? Qual o benefício dessas pesquisas para a sociedade?

Além de ensinar a história do desenvolvimento da Física Brasileira é possível também apresentar uma abordagem que não seja diretamente histórica, mas que destaque os cientistas e instituições de pesquisa brasileiras. É o que se constata mediante a análise das coleções didáticas de física do PNLD (2015-2017) que estão apresentadas no capítulo 4. As coleções analisadas, ao abordarem um determinado assunto, eventualmente apresentam um cientista brasileiro, e quando o fazem é com o objetivo de complementar uma exposição. Neste caso o professor poderia contar com esse material para falar da ciência brasileira. Porém, seria apropriado os cientistas e/ou instituições aparecerem como protagonistas e não como curiosidade ou complementação.

Ao falar sobre ondas de rádio, por exemplo, seria interessante apresentar a história do rádio e o invento do Pe. Landel de Moura, com o desenvolvimento de uma atividade experimental, em particular o *Rádio de Galena*, equipamento similar aos primeiros rádios, relativamente simples de ser feito e com baixo custo. Outra possibilidade é a inserção de aplicações tecnológicas em todos os conteúdos, apresentando pesquisas nacionais. No Brasil há muita pesquisa aplicada e apresentá-la para ilustrar uma utilização prática de um determinado conteúdo científico também seria uma maneira de se inserir a Física Brasileira.

Numa perspectiva diferente, ainda é possível pensar nas situações em que brasileiros tiveram participações muito relevantes para a ciência a nível internacional. Por exemplo, a observação do méson-pi por César Lattes foi um marco muito importante na física de partículas, e deveria ser apresentado aos estudantes. Discutir as grandes cooperações internacionais também é interessante, por exemplo, as pesquisas do Prof. João Steiner (astrônomo e docente da USP) com o observatório astronômico do deserto do Atacama no Chile, que vem elucidando muitos pontos a respeito da formação e evolução de buracos negros. Este tipo de observatório só é possível devido à grandes cooperações internacionais, e o Brasil faz parte de algumas delas. As

pesquisas desenvolvidas neste contexto ganham projeção internacional e colocam o Brasil em destaque na comunidade acadêmica em âmbito mundial.

De maneira sumária, pode-se elencar as seguintes possibilidades do que se pode ensinar dentro da temática da física brasileira:

- a) O desenvolvimento histórico da ciência nacional;
- b) Os principais cientistas, homens e mulheres, e instituições de pesquisa que foram responsáveis por projetar a ciência nacional no cenário internacional;
- c) As pesquisas realizadas e invenções científicas e tecnológicas que acontecem e aconteceram no Brasil por meio de físicos brasileiros;
- d) As relações entre política, produção do conhecimento, sociedade e história do Brasil;
- e) As condições passadas, presentes e futuras para o desenvolvimento científico do país;
- f) O impacto da ciência nacional nas sociedades brasileira e mundial;
- g) A física em âmbito local ou regional.
- h) A ciência como produção coletiva.

Uma vez apresentado uma reflexão sobre *o que ensinar*, é preciso explorar metodologias e abordagens que podem otimizar este processo de ensino e aprendizagem, dadas as justificativas apresentadas até aqui.

2.3. Como ensinar a física brasileira?

Podemos pensar em diferentes abordagens para a inserção da Física Brasileira, desde uma **abordagem indireta**, inserindo em momentos específicos e de maneira complementar, até uma **abordagem direta**, na qual a ciência nacional ganha protagonismo, e é o objeto da prática educativa.

Do ponto de vista didático e metodológico, há certas abordagens que flertam com o tema mais diretamente. Uma abordagem por meio da História e Filosofia da Ciência seria muito adequada, mas também uma abordagem pelas Pedagogias Críticas, ou por CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade).

No entanto, pensando nas possibilidades de intervenção na atividade escolar, independente de uma metodologia ou outra, seria possível pensar no

ensino da física nacional não somente para os alunos, mas também para os professores e para a comunidade, por meio de atividades extraclasse, cursos de formação e atividades de divulgação científica.

As abordagens poderiam ainda incluir ações na educação formal, não formal ou informal. Para entender o que são estes três tipos de educação, tomemos o texto de Langhi (2009). Para o autor:

A *educação formal* ocorre em ambiente escolar ou outros estabelecimentos de ensino, com estrutura própria e planejamento, cujo conhecimento é sistematizado a fim de ser didaticamente trabalhado. Por isso, as práticas educativas da educação formal possuem elevados graus de intencionalidade e institucionalização [...]. A educação *não formal*, por outro lado, com caráter sempre coletivo, envolve práticas educativas fora do ambiente escolar, sem a obrigatoriedade legislativa, nas quais o indivíduo experimenta a liberdade de escolher métodos e conteúdos de aprendizagem. Alguns exemplos de locais que oferecem a educação não formal são: museus, meios de comunicação, agências formativas para grupos sociais específicos, organizações profissionais, instituições não convencionais de educação que organizam eventos tais como cursos livres, feiras e encontros. No entanto, a educação não formal também não está livre de um determinado grau de intencionalidade e sistematização. [...] A *educação informal* não possui intencionalidade e tampouco é institucionalizada, pois é decorrente de momentos não organizados e espontâneos do dia-a-dia durante a interação com familiares, amigos e conversas ocasionais, embora também haja incertezas quanto à sua concreta significação, seguindo critérios definidos. (p. 2-3)

Além das propostas para a sala de aula, seriam possíveis propostas de trabalho em ambientes como museus de ciência, visitas à centros de pesquisa e laboratórios das universidades, atividades que envolvam a comunidade dentro da escola e quaisquer outras ações que permitam colocar os estudantes, pais, e professores em contato com a pesquisa nacional que foi e vem sendo desenvolvida.

Não são incomuns as visitas de escolas públicas às universidades, à museus que guardam patrimônio histórico da nossa ciência, fósseis descobertos e estudados no Brasil, instrumentos antigos de laboratório, e também à centros de pesquisa que recebem grupos com horário agendado. É comum nas grandes universidades, tanto estaduais quanto federais, a existência de laboratórios com museus anexados, por onde grupos podem fazer uma visita nas instalações e ter acesso a uma parte da história daquele determinado laboratório. Para citar alguns exemplos, temos o Observatório Nacional no Rio de Janeiro, que foi o berço das observações astronômicas no

Brasil, o Laboratório Nacional de Luz e Síncrotron na UNICAMP, o museu do Instituto Butantan, o Reator Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Todas estas são instituições que desenvolvem pesquisa de ponta no país.

De maneira sumária, é possível ter um ensino da física brasileira de maneira direta ou indireta, atuando com professores, alunos ou comunidade, e ainda com diferentes abordagens teórico-metodológicas. Essas atividades podem ser a respeito da ciência no nível nacional, regional ou local, e ainda tratar de fatos passados, da ciência que estamos produzindo atualmente ou fazendo projeções para o futuro. No organograma da Figura 1 estão sintetizadas as possibilidades do ensino da Física Brasileira.

Figura 1 – Organograma representativo das possíveis abordagens para o ensino da Física Brasileira



Fonte: elaborado pelo autor

O organograma sintetiza os possíveis caminhos para se abordar a temática. Por exemplo, uma atividade de exposição que trata do desenvolvimento da Física Brasileira no período da colônia com utilização de mídia digital, seria uma *atividade de sala de aula*, com *abordagem direta*, contemplando a esfera de *espaço nacional* e se tratando de um *tempo passado*. Já uma feira de ciências com a participação de cientistas locais, seria uma atividade de *divulgação para a comunidade*, com a ciência de *nível local*, de um *tempo presente*.

O organograma é uma maneira sintética de representar diferentes esferas de atuação e pode ser usado para buscar combinações que inspirem atividades diferentes, ou seja, quando apresentado desta maneira, o leitor não se restringe aos exemplos de atividades aqui relatadas, mas pode pensar nas mais diferentes combinações para criar novas atividades. Ele foi elaborado a partir de uma tentativa de compartimentar as diferentes características de espaço, tempo e esfera de trabalho das atividades educativas, sintetizando estas possibilidades de maneira que o leitor possa combiná-las entre si durante a elaboração de uma atividade, ou para inspirar uma atividade.

Em relação aos recursos didáticos e metodológicos pode-se variar muito. Trabalhar com experimentos, pesquisa, seminários, visitas aos espaços não formais, utilizar uma aula tradicional com lousa e giz, apresentações digitais, vídeos, documentários, entrevistas, reportagens, livros didáticos do PNLD e todas as demais possibilidades que que poderiam ser pensadas para quaisquer atividades do Ensino de Ciências. Os recursos de ensino e avaliação ficam a critério do professor, de acordo com seus objetivos, sua experiência e os recursos disponíveis. Na proposta apresentada no capítulo 5 foram utilizados diferentes recursos didáticos.

CAPÍTULO 3 – A PESQUISA E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Objetivo, problema e questões norteadoras

Essa pesquisa parte da necessidade de uma valorização do conhecimento físico que é desenvolvido em âmbito nacional. Perante isso, objetivamos ***investigar as potencialidades e delimitações para o ensino da física produzida no Brasil em aulas do Ensino Médio.***

Consideramos significativo dividir a pesquisa em três etapas, são elas:

- 1) Análise da presença do desenvolvimento da física brasileira e dos conhecimentos físicos produzidos no Brasil em Coleções Didáticas de Física;
- 2) Análise do imaginário de professores que ensinam física em relação a inserção de discussões da Física/Ciência Brasileira e de seu ensino;
- 3) Análise do imaginário de alunos do Ensino Médio a respeito da física nacional e de seu ensino.

A partir do desenvolvimento de cada uma das etapas, procuramos respostas para os seguintes problemas:

a) ***Como a produção científica da física, desenvolvida no Brasil, é apresentada/discutida pelos autores das Coleções Didáticas de física pertencentes ao PNL D (2018-2020)?***

b) ***Qual é a importância atribuída aos cientistas brasileiros, à física desenvolvida no Brasil e ao ensino desta por um grupo de professores que ensinam física?***

c) ***Qual é o conhecimento a respeito da física brasileira de um grupo de alunos do Ensino Médio? Qual é a percepção que estes estudantes têm a respeito desta temática?***

Das possíveis questões que seriam relevantes responder em cada uma das etapas, nos parece significativo e propomos para este estudo:

1ª etapa: a) Quais cientistas e instituições de pesquisa são citados nas coleções didáticas; b) Em que tópicos conceituais as citações aparecem?; c) As alusões aos cientistas e suas pesquisas são utilizadas para introduzir um conteúdo conceitual, contextualizá-lo ou ilustrar/aplicar o assunto exposto?

2ª etapa: a) Os professores possuem conhecimento dos físicos, de suas pesquisas e do desenvolvimento da Física Brasileira?; b) Qual a relevância que

um grupo de professores que ensina física atribui à inserção de discussões da Física/Ciência Brasileira na formação de professores e em aulas do Ensino Médio?; c) Como esses professores vislumbram essa inserção?

3ª etapa: a) Os estudantes possuem conhecimentos dos físicos, de suas pesquisas e do desenvolvimento da Física Brasileira?; b) os estudantes conhecem as instituições de pesquisa do seu país, do seu estado e da sua cidade?; c) Como estes estudantes vêem a Física Brasileira? Que contato tiveram com ela? Por qual meio esse contato ocorreu?

As questões apresentadas acima indicam a necessidade de investigação e reflexão que revele indicadores mais palpáveis e norteadores para respondê-las. Para tanto, realizamos ações investigativas a fim de responder as questões de estudo. Assim, passamos a explicitar comentários a respeito do desenvolvimento do estudo, ações realizadas e os instrumentos de coleta de informações (usos e funções).

3.2. A coleta das informações e o registro dos dados

3.2.1. Análise das Coleções Didáticas

Para respondermos o primeiro problema de pesquisa, foram analisadas as 12 Coleções Didáticas de Física pertencentes ao Programa Nacional do Livro Didático do governo federal, do triênio 2018-2020, estabelecido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

A escolha das obras do PNLD se justifica no fato do programa ser de abrangência nacional, com distribuição integral e individual de livros para os estudantes. Por isso, reconhecer e apontar as possibilidades de se trabalhar a ciência brasileira a partir deste material é de suma relevância.

Para a realização da análise, primeiramente, foram identificadas as pesquisas citadas e os físicos brasileiros mencionados em cada um dos volumes que compõem cada coleção. A identificação foi realizada mediante a leitura integral dos textos que compõem os volumes. Tendo em vista o objetivo para esta etapa, e os critérios estabelecidos para a seleção das coleções, as informações registradas foram separadas em Unidades de Análise (UA), a saber:

UA 1 - Físico citado: quando ocorre uma citação a um físico (ou inventor) brasileiro associado à sua pesquisa e/ou sua carreira.

UA 2 - Instituição de pesquisa citada: instituição de pesquisa brasileira (centro de pesquisa e/ou universidade) citada associada à sua pesquisa, mesmo que, só para fins de demonstração de dados ou quando aponta um texto de divulgação científica.

UA 3 - Outras ocorrências relevantes: quaisquer outras citações relevantes sobre ciência brasileira.

Na primeira unidade são contemplados os físicos que surgem em destaque, por sua relevância e notoriedade. A segunda unidade abarca as instituições de pesquisa citadas quando associadas à sua pesquisa - não entram aqui instituições citadas apenas para dizer qual o ambiente acadêmico de algum cientista. Já a terceira unidade aborda uma série de outras citações como, por exemplo, cientistas ou pesquisadores de outras áreas das ciências humanas ou naturais, cientistas citados apenas como autor de um determinado texto que é apresentado nas coleções (desde que seu nome seja explicitado na coleção e não apenas nas referências bibliográficas ou recomendações de leitura), ou pesquisadores consultados apenas como especialistas em determinados textos (no qual o foco não seja sua carreira ou pesquisa, mas apenas um determinado assunto sobre o qual este é consultado). Entram aqui também acontecimentos históricos relevantes para a ciência local ou mundial, bem como desastres ambientais que tenham alguma ligação com atividades científicas.

Esta divisão foi feita pensando na relevância atribuída à participação do cientista ou instituição brasileira na coleção. Desta forma, as citações das duas primeiras categorias tiveram maior destaque do que as citações da terceira categoria. As coleções que compõem o PNLD e que, portanto, foram utilizadas neste estudo são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 – Coleções que compõem o PNLD (2018-2020)

Nº de ordem	Autores	PNLD 2015 – 2017	PNLD 2018 - 2020
CD01	STEFANOVITS (2015-17)/FUKUI (2018-20)	Sim	Sim
CD02	BOJORNO, CLINTON, PRADO, CASEMIRO	Sim	Sim
CD03	HELOU, GUALTER, NEWTON	Sim	Sim
CD04	MAXIMO E ALVARENGA	Sim	Sim
CD05	PIETROCOLA	Sim	Sim
CD06	GASPAR	Sim	Sim

CD07	FILHO, TOSCANO	Sim	Sim
CD08	KAZUHITYO, FUKE	Sim	Sim
CD09	GUIMARÃES, PIQUEIRA, CARRON	Sim	Sim
CD10	MAGNO, FERRARO, SOARES, PENTEADO	Sim	Sim
CD11	MARTINI, SPNELLI, REIS, SANT'ANNA	Sim	Sim
CD12	BARRETO, XAVIER	Sim	Sim
CD13	MENEZES, ALVES	Sim	Não
CD14	ARTUSO, WRUBLEWSKI	Sim	Não

Fonte: elaborado pelo autor

Na sequência, as pesquisas citadas e os físicos mencionados foram unitarizados por volume, coleção e tópico conceitual (Mecânica, Física Térmica, Óptica, Ondulatória, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea (FMC)).

Após, foi analisado em que momento os autores mencionam as pesquisas nacionais e citam os cientistas brasileiros. Buscamos identificar se as pesquisas foram utilizadas para introduzir um assunto desejado, para auxiliar numa explicação conceitual, para “enriquecer” uma explicação conceitual ou, ainda, após a explicação, com a finalidade de aplicar o conceito estudado. Diante dos dados, cada UA foi dividida em unidades menores, seguindo regularidades que foram identificadas em cada uma.

Com as ações desenvolvidas, procura-se identificar em que medida autores de livros didáticos fazem referência as pesquisas desenvolvidas por físicos brasileiros em laboratórios nacionais para abordar conteúdos de física e a maneira pela qual abordam.

É preciso ressaltar que na análise das coleções serão feitas comparações com os dados obtidos nas coleções do PNL D (2015-2017), o qual foi alvo de análise, em estudo específico, dirigido pelo autor desta dissertação.

Consideramos que a análise contribuirá para a elaboração da proposta que será apresentada ao final desta dissertação.

3.2.2. Análise do imaginário de um grupo de professores

Para a análise do imaginário de um grupo de professores que ensinam física, foi elaborado um questionário que foi validado internamente pelos

integrantes do nosso grupo de pesquisa. O questionário encontra-se no Apêndice 2.

Na literatura, sobre procedimentos metodológicos utilizados para a realização de pesquisas, são citados vários instrumentos de coleta de informações, entre os quais os questionários.

Os questionários se caracterizam como um instrumento que é preenchido pelos pesquisados, sem intervenção direta do pesquisador. Eles podem ser enviados aos pesquisados pelo correio ou entregues em mãos pelo pesquisador. Ainda, podem se compostos por perguntas abertas, fechadas e mistas. Chaer, Diniz e Ribeiro (2011) explicam as vantagens e desvantagens de perguntas abertas e fechadas.

As perguntas abertas são aquelas que permitem liberdade ilimitada de respostas ao informante. Nelas poderá ser utilizada linguagem própria do respondente. Elas trazem a vantagem de não haver influência das respostas pré-estabelecidas pelo pesquisador, pois o informante escreverá aquilo que lhe vier à mente. Um dificultador das perguntas abertas é também encontrado no fato de haver liberdade de escrita: o informante terá que ter habilidade de escrita, de formatação e de construção do raciocínio. Já as perguntas fechadas trarão alternativas específicas para que o informante escolha uma delas. Têm como aspecto negativo a limitação das possibilidades de respostas, restringindo, pois, as possibilidades de manifestação do interrogado. (p. 262)

O questionário é composto por um conjunto de sete questões. A primeira questão foi pensada para ajudar a entender qual a posição dos sujeitos frente à sua condição de professor de física. A expectativa era de que um professor com formação em física respondesse o questionário de maneira diferente de um professor com outra formação inicial.

Da maneira semelhante, num primeiro momento, um professor que leciona aulas de física há mais tempo poderia dar respostas diferentes de um professor iniciante. Ou seja, relação do professor com a disciplina e o tempo de carreira podem ser relevantes no que diz respeito ao contato com a física brasileira.

A segunda e a terceira questões se relacionam com a concepção de cientista que os professores apresentam, bem como o contato que possuem com a prática científica. Estas questões podem fornecer elementos que ajudem a compreender melhor as respostas às outras questões. Por exemplo, quando se pergunta a um aluno de graduação, ou mesmo a um professor já formado,

quais cientistas brasileiros ele conhece, não é comum que o sujeito comece a enunciar os nomes de seus professores da universidade, mesmo que eles talvez fossem pesquisadores reconhecidos dentro de suas respectivas áreas.

Na quarta questão, os professores deveriam indicar se conhecem alguma universidade ou centro de pesquisa que faça pesquisa científica na sua cidade ou região. Além disso devem apontar o que acreditam ser desenvolvido nestes espaços.

A quinta questão buscava apreender qual o nível de conhecimento que os professores possuem de alguns cientistas brasileiros e estrangeiros. Os cientistas brasileiros listados no questionário foram escolhidos por serem os mais frequentes nas coleções didáticas de física do PNLD. Na listagem de cientistas estrangeiros, mesclamos figuras que são consideradas mundialmente ícones da ciência, bem como dois cientistas (Peter Higgs e Neil de Grasse Tyson) que são atualmente vivos e amplamente divulgados na mídia.

Com a sexta questão buscou-se identificar aspectos relativos ao contato dos professores com a ciência brasileira na sua formação inicial. Por fim, a sétima questão busca apreender dos professores o nível de importância que atribuem à temática dentro do contexto educacional. Estas questões não possuem amparo na literatura, uma vez que não foi encontrada nenhuma pesquisa anterior nesta temática.

Para que fosse possível a aplicação dos questionários, foi contactada a Professora Coordenadora de Núcleo Pedagógico (PCNP) de Física da Diretoria de Ensino da região de São José do Rio Preto para obtenção de informações a respeito do conjunto de professores de física das escolas da cidade. A PCNP é responsável pela coordenação e supervisão de trabalho dos professores do município em cada componente curricular do Ensino Médio.

Em contato com a PCNP, foram cogitadas diferentes possibilidades de aplicação do questionário para estudar a viabilidade de cada uma delas. Num primeiro momento foi considerado enviar o questionário via correio eletrônico, porém essa possibilidade já foi logo descartada. A PCNP alertou que se o fizéssemos, os professores teriam a possibilidade de pesquisar na internet uma resposta que julgassem “correta” para cada questão. Fica evidente aqui que a posição de professor condicionaria os sujeitos a determinados enunciados para

que os interlocutores (o pesquisador e a PCNP) compactuassem com a expectativa destes, que são vistos socialmente como “aqueles que detêm as respostas corretas”, ou seja, assujeitados na condição de professor estariam condicionados a um comportamento que sustentasse sua posição institucional, pautados numa determinada ideologia de educação, predominante na sociedade, na qual o professor é uma figura de respeito que tudo sabe, e a quem se deve respeitar, pois é o “detentor do conhecimento”.

A PCNP sugeriu então que a aplicação ocorresse presencialmente durante uma orientação técnica promovida pelo Departamento de Física do IBILCE/UNESP em parceria com a diretoria de ensino. A orientação técnica que constitui em um momento de formação continuada para os professores que lecionam. O questionário foi aplicado no final do ano de 2017 a um conjunto de 34 professores do Ensino Médio que lecionam física.

Os professores não foram informados previamente que responderiam um questionário. No local do curso, a PCNP apresentou o autor deste trabalho para os professores e explicou que iria entregar um questionário. Explicou ainda que se tratava de uma pesquisa de mestrado e pediu a colaboração dos professores na elaboração das respostas. Assim, informou que o questionário deveria ser respondido anonimamente e que a participação era voluntária, e solicitou que respondessem da maneira mais sincera possível, e que seria recolhido ao final daquele encontro.

A maneira como a tarefa foi solicitada aos professores tem relevância, uma vez que a PCNP é uma figura dotada de certa autoridade, tendo sua fala um valor enunciativo maior do que se a tarefa fosse solicitada pelo pesquisador, já que os professores não tinham nenhuma vivência conosco.

Todos os elementos elencados até aqui são necessários para compor a dêxis discursiva, ou seja, as coordenadas espaciais, temporais, os locutores e destinatários envolvidos no processo discursivo.

3.2.3. Análise do imaginário de um grupo de alunos

Para a análise do imaginário de um grupo de alunos, procedemos de maneira semelhante ao procedimento adotado para o grupo de professores.

Para tanto, elaboramos um questionário que foi validado internamente pelos integrantes do nosso grupo de pesquisa. O questionário encontra-se no Apêndice 3.

O questionário dos alunos é composto por cinco questões. Na primeira questão foi solicitado aos estudantes que descrevessem os cientistas que conheciam, seja da leitura de livros, de instruções escolares, da TV ou de qualquer outro meio de comunicação. Com esta questão buscou-se conhecer os cientistas que os estudantes lembravam e se eles mencionariam especialistas próximos de sua vivência diária. Com isso teríamos um perfil inicial daqueles profissionais da ciência aos quais os estudantes associam imediatamente como cientistas.

Na segunda questão, foi perguntado aos alunos se já haviam realizado visitas a uma universidade ou centro de pesquisa, se haviam conhecido os pesquisadores que lá trabalham e se tinham conhecimento das atividades desenvolvidas nestes espaços. O objetivo era conhecer o nível de contato dos estudantes com instituições e pessoas que desenvolvem pesquisa científica, bem como a compreensão deles a respeito do trabalho de um cientista.

Já na terceira questão, semelhante ao questionado na segunda pergunta, buscávamos identificar se os estudantes conheciam algum laboratório ou centro de pesquisa na cidade ou região em que residem.

Por sua vez, a quarta questão é idêntica a que compunha o questionário dos professores. Nela, foram listados oito cientistas, entre brasileiros e estrangeiros, sobre os quais há quatro opções de múltipla escolha que versam sobre o nível de conhecimento que o estudante possui a respeito daquele profissional. O aluno deveria escolher uma das opções. Com essa questão, buscou-se obter indícios do nível de conhecimento dos estudantes no que se refere a alguns cientistas brasileiros e estrangeiros.

Por fim, a quinta questão tinha por objetivo aferir se os estudantes já haviam estudado a respeito da ciência brasileira e a contribuição dos cientistas brasileiros.

Os questionários foram aplicados em três escolas, aqui codificadas como Escola 1, Escola 2 e Escola 3. Em cada uma destas o questionário foi aplicado em três salas de terceiro ano, no final do mês de novembro de 2017.

O objetivo era contemplar alunos que estavam finalizando a escolarização básica, os quais já teriam obtido instrução de todos os conteúdos curriculares.

Novamente a PCNP acompanhou esta etapa. Em reunião ocorrida na Diretoria de Ensino da região de São José do Rio Preto foram selecionadas as três escolas que aplicaríamos o questionário. O objetivo era obter respostas de alunos de diferentes realidades sociais. Perante isso, foram selecionadas escolas de três diferentes regiões da cidade, e bem diferentes entre si.

A Escola 1 é pertencente a região central, mas está fora da região mais desenvolvida da cidade. Nesta escola estudam cerca de 850 alunos, distribuídos nos três anos do Ensino Médio. A escola conta com cerca de 50 funcionários, possui quadra poliesportiva, laboratório de informática que dispõe 22 computadores para uso dos alunos, sala de leitura, cozinha e refeitório. O prédio não é adaptado para receber pessoas com deficiência física.

A Escola 2 possui um número menor de estudantes, cerca de 350, distribuídos nos três anos do Ensino Médio. Ela está localizada numa região mais desenvolvida da cidade, e conta com boa infraestrutura. São dez salas de aula com lousa digital e projetor, laboratório de informática, dois laboratórios de ciências e quadra poliesportiva.

A Escola 3, por sua vez, encontra-se numa localidade mais afastada do centro, e é maior em comparação com as duas primeiras. A escola atende cerca de 450 alunos no segundo ciclo do Ensino Fundamental, pouco mais de 400 alunos no Ensino Médio, cerca de 400 na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e quase 40 alunos de Educação Especial. Ela possui quase 90 funcionários. Nesta escola os questionários foram aplicados em duas turmas do ensino regular e uma turma de EJA. Em termos de infraestrutura, a escola possui cozinha, sala de informática, quadra poliesportiva e sala de leitura. O prédio é adaptado para receber deficientes físicos.

Para a aplicação dos questionários foi seguido o mesmo protocolo nas três escolas. Primeiramente, foi estabelecido contato com a direção/coordenação e explicado o objetivo de nossa pesquisa. Uma vez obtendo autorização, o pesquisador junto da PCNP dirigiram-se à escola com os questionários impressos e solicitaram autorização com os professores que estariam presentes nas salas nas quais seriam aplicados os questionários. Seguiu-se então, sala por sala, solicitando ao professor que concedessem 10 a

15 minutos para que os estudantes respondessem o questionário. Uma vez autorizados, a PCNP conversou com os estudantes e apresentou o pesquisador autor deste trabalho. A PCNP explicou que se tratava de uma pesquisa e relatou os objetivos da mesma. Na sequência solicitou a colaboração dos alunos nas respostas, salientando o anonimato, o voluntariado e o caráter individual das respostas. Foi solicitado, ainda, que os estudantes respondessem da maneira mais sincera possível, sem recorrer à nenhuma fonte de pesquisa, como é o caso do celular, por exemplo.

A medida que os estudantes terminavam de responder, os questionários foram recolhidos, e imediatamente colocando em um envelope, sem olhar as respostas. A análise das respostas dos estudantes será apresentada no capítulo 4, mais especificamente no item 4.3.

No Quadro 2 está apresentada uma síntese das etapas da pesquisa.

3.3. A análise dos dados: considerações sobre a análise de conteúdo (AC)

A Análise de Conteúdo é uma linha de estudo que se formaliza com os linguistas do século passado. Franco (2005, p. 20) entende que a análise de conteúdo “é um procedimento de pesquisa que se situa em um delineamento mais amplo da teoria da comunicação e tem como ponto de partida a mensagem”. Assim, este referencial fornece elementos de análise das mensagens proferidas pelos sujeitos, sejam elas escritas ou orais, considerando sempre as condições contextuais e sociais dos envolvidos no processo de comunicação.

Condições contextuais que envolvem a evolução histórica da humanidade; as situações econômicas e socioculturais nas quais os emissores estão inseridos, o acesso aos códigos linguísticos, o grau de competência para saber decodificá-los, o que resulta em expressões verbais (ou mensagens) carregadas de componentes cognitivos, afetivos, valorativos e historicamente mutáveis. Sem contar com os componentes ideológicos impregnados nas mensagens socialmente construídas, via *objetivação* do discurso, mas com a possibilidade de serem ultrapassadas ou desconstruídas, mediante um processo trabalhoso (mas, não impossível) e dialético, tendo em vista a explicitação do processo de ancoragem e estabelecendo como meta final o Desenvolvimento da Consciência. (FRANCO, 2005, p. 14)

Quadro 2 - Síntese das etapas da pesquisa.

Nº de Ordem	Objetivo	Problema	Questões	Instrumento
01	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar a presença do desenvolvimento da física brasileira e dos conhecimentos físicos produzidos no Brasil em Coleções Didáticas de Física; 	<ul style="list-style-type: none"> • Como a produção científica da física, desenvolvida no Brasil, é apresentada/discutida pelos autores das Coleções Didáticas de física pertencentes ao PNLD (2018-2020)? 	<ul style="list-style-type: none"> a) Quais cientistas e instituições de pesquisa são citados nas coleções didáticas; b) Em que tópicos conceituais as citações aparecem?; c) As alusões aos cientistas e suas pesquisas são utilizadas para introduzir um conteúdo conceitual, contextualizá-lo ou ilustrar/aplicar o assunto exposto? 	<ul style="list-style-type: none"> • Coleções didáticas de física do PNLD (2018-2020)
02	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar o imaginário de professores que ensinam física em relação a inserção de discussões da Física/Ciência Brasileira e de seu ensino; 	<ul style="list-style-type: none"> • Qual é a importância atribuída aos cientistas brasileiros, à física desenvolvida no Brasil e ao ensino desta por um grupo de professores que ensinam física? 	<ul style="list-style-type: none"> a) Os professores possuem conhecimento dos físicos, de suas pesquisas e do desenvolvimento da Física Brasileira?; b) Qual a relevância que um grupo de professores que ensina física atribui à inserção de discussões da Física/Ciência Brasileira na formação de professores e em aulas do ensino médio?; c) Como esses professores vislumbram essa inserção? 	<ul style="list-style-type: none"> • Questionários
03	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar o imaginário de alunos do Ensino Médio a respeito da física nacional e de seu ensino 	<ul style="list-style-type: none"> • Qual é o conhecimento a respeito da física brasileira de um grupo de alunos do Ensino Médio? Qual é a percepção que estes estudantes têm a respeito desta temática? 	<ul style="list-style-type: none"> a) Os estudantes possuem conhecimentos dos físicos, de suas pesquisas e do desenvolvimento da Física Brasileira?; b) Os estudantes conhecem as instituições de pesquisa do seu país, do seu estado e da sua cidade?; c) Como estes estudantes vêem a Física Brasileira? Que contato tiveram com ela? Por qual meio esse contato ocorreu? 	<ul style="list-style-type: none"> • Questionários

Fonte: elaborado pelo autor

Desta maneira a concepção de linguagem da qual se faz uso na AC extrapola a palavra escrita ou dita, envolvendo variáveis mais complexas. De fato, a linguagem é “aqui entendida, como uma construção real de toda a sociedade e como expressão da existência humana que, em diferentes momentos históricos, elabora e desenvolve representações sociais no dinamismo interacional que se estabelece entre linguagem, pensamento e ação” (ibid., p. 14). Ou seja, a linguagem extrapola a palavra, contemplando aspectos semânticos latentes que não são necessariamente explícitos no texto, mas que podem ser inferidos pelo analista. Desta forma, podemos afirmar que:

[...] a análise de conteúdo compreende técnicas de pesquisa que permitem, de forma sistemática, a descrição das mensagens e das atitudes atreladas ao contexto da enunciação, bem como as inferências sobre os dados coletados. A escolha deste método de análise pode ser explicada pela necessidade de ultrapassar as incertezas consequentes das hipóteses e pressupostos, pela necessidade de enriquecimento da leitura por meio da compreensão das significações e pela necessidade de desvelar as relações que se estabelecem além das falas propriamente ditas. (CAVALCANTE, CALIXTO, PINHEIRO, 2014, p. 14)

Assim, o papel do analista deve ser mais do que apenas fazer uma análise descritiva das mensagens. Cabe a este buscar que:

[...] as descobertas tenham relevância teórica. Uma informação puramente descritiva não relacionada a outros atributos ou às características do emissor é de pequeno valor. Um dado sobre o conteúdo de uma mensagem deve, necessariamente, estar relacionado, no mínimo, a outro dado. O liame entre este tipo de relação deve ser representado por alguma forma de teoria. Assim, toda a análise de conteúdo, implica comparações contextuais. Os tipos de comparações podem ser multivariados. Mas, devem, obrigatoriamente, ser direcionados a partir da sensibilidade, da intencionalidade e da competência teórica do pesquisador. (FRANCO, 2005, p. 16)

Do ponto de vista prático, “os resultados da análise de conteúdo devem refletir os objetivos da pesquisa e ter como apoio indícios manifestos e capturáveis no âmbito das comunicações emitidas” (FRANCO, 2005, p. 24).

Já de um ponto de vista metodológico, Franco (2005) recupera o texto de Mucchielli (1977) no qual divide três campos da AC. Coloca em oposição os domínios da linguística e da hermenêutica, e entre eles os métodos Lógico estéticos e Formais, Lógico-semânticos e Semânticos e Semântico-estruturais, sendo o primeiro mais próximo da linguística e o último da hermenêutica. Será tomado como foco neste trabalho o domínio dos métodos lógico-semânticos. Franco (2005) questiona:

Por que lógico-semânticos? Porque o alcance da análise de conteúdo está, também, vinculada à função de um classificador. E sua classificação é uma classificação lógica dos conteúdos manifestos, após a análise e interpretação dos valores semânticos desses mesmos conteúdos. De uma ou de outra maneira, o analista se vale de definições, e definições são problemas da lógica. (FRANCO, 2005, p. 31)

A autora aponta alguns aspectos principais para este tipo de análise. É pertinente apresentá-los.

Eles não se vinculam às pesquisas que se dedicam a análise da estrutura formal de um texto, como, por exemplo, o procedimento de sua construção ou de seu estilo. Embora não se preocupem, a princípio, com o desvelar do “segundo sentido” de um texto e/ou com suas implicações, iniciam sua leitura, basicamente, a partir do conteúdo manifesto e considerando como evidência (e como ponto de partida) o conteúdo imediatamente acessível. (FRANCO, 2005, p. 31)

Este primeiro aspecto deixa claro que não se deve proceder com uma análise do estilo de escrita, mas, que o texto propriamente dito deve ser o ponto de partida para analisar a mensagem. Além disso a autora reforça:

Aplicam-se às mais variadas modalidades de texto, após o “index” dos diversos conceitos utilizados (sua enumeração simples e seus desdobramentos) e a classificação dos elementos de informação (reagrupamento por categorias)... desde a pesquisa, acerca das formas utilizadas para a apresentação dos dados, até a análise e interpretação das tendências, comparações e evolução das tendências explicitadas. [...] Em suma, esses métodos (os lógico-semânticos), concentram semelhanças comuns em relação àqueles que os precedem: inventários, desdobramentos, caracterização, codificação, pesquisa de eventuais correlações... mas sempre, e ao mesmo tempo, a partir da compreensão do sentido. Sentido das palavras, sentido expresso nas palavras, imagens e símbolos, sentido das percepções e analogias das mensagens (base de todos os reagrupamentos e classificações) e sentido das hierarquias dos sentidos, o que implica diagnosticar diferentes valores das mensagens e das ideias em uma hierarquia que vai do particular até o mais geral. (ibid., p. 32)

Para proceder com a análise propriamente dita, por sua vez, é preciso definir questões técnicas, mais precisamente definir Unidades de Análise. Estas unidades podem ser Unidades de Registro (UR) ou unidades de Contexto (UC). A Unidade de Registro “é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as características levantadas” (FRANCO, 2005, p. 37). E pode ser dividida em quatro tipos: a Palavra, o Personagem, o Tema ou o Item. Nesta pesquisa será feita uma abordagem Temática.

Uma abordagem temática se divide em quatro etapas, sendo elas: pré-análise, exploração do material, tratamento de resultados e interpretação.

A etapa da pré-análise compreende a leitura flutuante, constituição do corpus, formulação e reformulação de hipóteses ou pressupostos. A leitura flutuante requer do pesquisador o contato direto e intenso com o material de campo, em que pode surgir a relação entre as hipóteses ou pressupostos iniciais, as hipóteses emergentes e as teorias relacionadas ao tema. (CAVALCANTE, CALIXTO, PINHEIRO, 2014, p. 16)

A etapa de pré-análise necessita de determinados critérios de validade qualitativa, sendo estes:

[...] a exaustividade (esgotamento da totalidade do texto), a homogeneidade (clara separação entre os temas a serem trabalhados), a exclusividade (um mesmo elemento só pode estar em apenas uma categoria), a objetividade (qualquer codificador consegue chegar aos mesmos resultados) e a adequação ou pertinência (adaptação aos objetivos do estudo). Ainda na pré-análise o pesquisador procede à formulação e reformulação de hipóteses, que se caracteriza por ser um processo de retomada da etapa exploratória por meio da leitura exaustiva do material e o retorno aos questionamentos iniciais. (ibid., p. 16)

Cavalcante, Calixto e Pinheiro (2014) evocam Bardin (1977) e Minayo (2007) para explicar os demais processos deste tipo de análise.

A Análise Temática tradicional trabalha inicialmente esta fase, recortando o texto em unidades de registro que podem constituir palavras, frases, temas, personagens e acontecimentos, indicados como relevantes para pré-análise. Posteriormente, o pesquisador escolhe as regras de contagem por meio de codificações e índices quantitativos. Finalmente, o pesquisador realiza a classificação e a agregação dos dados, escolhendo as categorias teóricas ou empíricas, responsáveis pela especificação do tema (BARDIN, 1977). A partir daí, o analista propõe inferências e realiza interpretações, inter-relacionando-as com o quadro teórico desenhado inicialmente ou abre outras pistas em torno de novas dimensões teóricas e interpretativas, sugerida pela leitura do material (MINAYO, 2007). (ibid, p. 16)

Para além da definição do tipo de Unidade de Registro que será utilizada, deve-se também definir as Unidades de Contexto. Elas compõem uma parte mais ampla da análise e auxiliam o analista a compreender a mensagem dentro das variáveis que envolvem sua produção. Segundo Franco (2005)

As Unidades de Contexto podem ser consideradas como o “pano de fundo” que imprime significado às Unidades de Análise. Podem ser obtidas mediante o recurso a dados que explicitem a caracterização dos informantes, suas condições de subsistência, a especificidade de suas inserções em grupos sociais diversificados: na família de origem, no mercado de trabalho, em instituições consagradas e

reconhecidas, sejam elas: religiosas, beneméritas, concebidas para divulgação de programas voltados ao apoio pessoal, ligadas a organismos do Sistema Nacional ou direcionadas para o intercâmbio a ser efetuado junto a organismos internacionais e assim por diante. (p. 43)

Em suma, o processo de análise deverá envolver uma análise profunda das mensagens obtidas por meio dos objetos de coleta de dados, buscando compreender seu conteúdo num processo dialético, discriminando e categorizando em Unidades de Registro que serão definidas à posteriori, permeadas por suas respectivas e pertinentes Unidades de Contexto, seguindo as quatro etapas estipuladas para uma análise temática.

No capítulo seguinte apresentaremos os resultados a que chegamos em cada uma das etapas da pesquisa.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

4.1. Análise das coleções didáticas

Nesta seção apresento os quantitativos referentes às três unidades de registro, bem como comentários cabíveis.

4.1.1. Físicos citados

No quadro 3 estão apresentados os físicos (e inventores de renome) citados nas coleções, com os respectivos índices absolutos e percentuais de citação.

Quadro 3 – Físicos e inventores citados com respectivos índices absolutos e percentuais

Físicos	PNLD (2015-2017)		PNLD (2018-2020)	
	Absoluto	Percentual	Absoluto	Percentual
César Lattes	8	44%	6	35%
Landell de Moura	4	22%	5	29%
José Leite Lopes	2	11%	2	12%
Mário Schenberg	1	6%	1	6%
Santos Dumont	1	6%	1	6%
Bartolomeu Gusmão	1	6%	1	6%
Cândido Batista de Oliveira	0	0%	1	6%
Total	17	100%	17	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Por sua vez, no quadro 4 apresentamos a frequência de aparição por tópico conceitual.

Quadro 4 – Frequência de aparição por tópico conceitual

Tópico conceitual	PNLD (2015-2017)		PNLD (2018-2020)	
	Absoluta	Percentual	Absoluta	Percentual
FMC	8	47%	6	35%
Introdução	4	24%	3	18%
Ondas	2	12%	6	35%
Eletromagnetismo	2	12%	0	0%
Mecânica	1	6%	2	12%
Total	17	100%	17	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Já os índices de citações por volume são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Índices absolutos de citações no conjunto de volumes

Físicos	PNLD (2015-2017)	PNLD (2018-2020)
---------	------------------	------------------

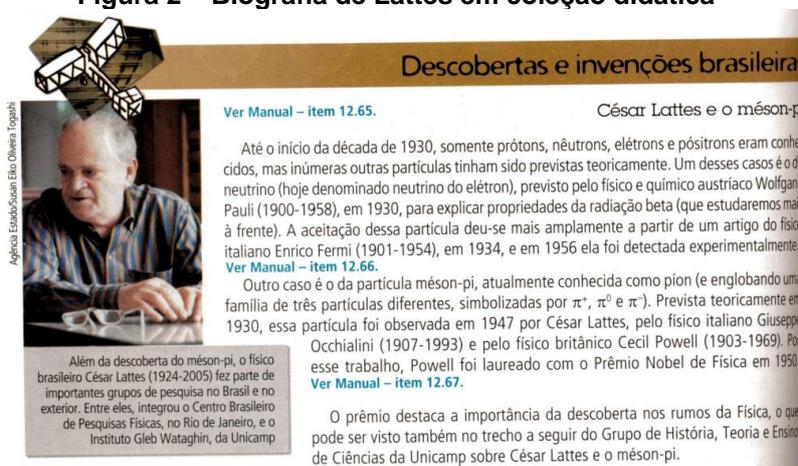
	Vol 1	Vol 2	Vol 3	Vol 1	Vol 2	Vol 3
César Lattes	1	0	7	0	0	6
Landell de Moura	0	2	2	0	3	2
José Leite Lopes	1	0	1	1	0	1
Mário Schenberg	0	1	0	0	1	0
Santos Dumont	1	0	0	1	0	0
Bartolomeu Gusmão	1	0	0	1	0	0
Cândido Batista de Oliveira	0	0	0	0	1	0
Total	4	3	10	3	5	9

Fonte: elaborado pelo autor

César Lattes é o físico mais citado nas coleções, ostentando cerca de metade do número total de citações. As citações a este cientista, bem como à José Leite Lopes e Mário Schenberg contemplam biografias completas. No caso de Lattes foram quase todas e, no caso dos outros dois, houve uma biografia completa de cada um.

Outra situação na qual César Lattes foi mencionado é nas discussões da descoberta do méson-pi, juntamente com alusões à Hideky Yukawa, Giuseppe Occhialini, Cecil Powell e Gleb Wataghin. A título de exemplo, reproduzimos abaixo a aparição em uma das coleções analisadas.

Figura 2 – Biografia de Lattes em coleção didática



Descobertas e invenções brasileiras

Ver Manual – item 12.65. César Lattes e o méson-pi

Até o início da década de 1930, somente prótons, nêutrons, elétrons e pósitrons eram conhecidos, mas inúmeras outras partículas tinham sido previstas teoricamente. Um desses casos é o do neutrino (hoje denominado neutrino do elétron), previsto pelo físico e químico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958), em 1930, para explicar propriedades da radiação beta (que estudaremos mais à frente). A aceitação dessa partícula deu-se mais amplamente a partir de um artigo do físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), em 1934, e em 1956 ela foi detectada experimentalmente. Ver Manual – item 12.66.

Outro caso é o da partícula méson-pi, atualmente conhecida como pión (e englobando uma família de três partículas diferentes, simbolizadas por π^+ , π^0 e π^-). Prevista teoricamente em 1930, essa partícula foi observada em 1947 por César Lattes, pelo físico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) e pelo físico britânico Cecil Powell (1903-1969). Por esse trabalho, Powell foi laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1950. Ver Manual – item 12.67.

O prêmio destaca a importância da descoberta nos rumos da Física, o que pode ser visto também no trecho a seguir do Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências da Unicamp sobre César Lattes e o méson-pi.

Além da descoberta do méson-pi, o físico brasileiro César Lattes (1924-2005) fez parte de importantes grupos de pesquisa no Brasil e no exterior. Entre eles, integrou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro, e o Instituto Gleb Wataghin, da Unicamp

Fonte: Artuso e Wrublewski (2013, p. 290)

Landell de Moura, Santos Dumont e Bartolomeu Gusmão apareceram associados às suas invenções, mas com participações mais discretas, ocupando boxes menores, e sem biografias de página completa, como podemos observar na reprodução feita na figura 3.

Figura 3 – Landell de Moura em coleção didática

De maneira independente e na mesma época que Marconi, o padre brasileiro Roberto Landell de Moura (Fig. 8.11) construiu aparelhos que utilizavam ondas de rádio para comunicação. Nascido em 21 de janeiro de 1861, em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foi ordenado sacerdote em 1886, estudou em Roma, no Colégio Pio Americano, e, posteriormente, na Universidade Gregoriana.

Em 3 de junho de 1900, Landell de Moura realizou uma demonstração pública de telegrafia e telefonia sem fio entre o alto da Avenida Paulista e o bairro de Santana, em São Paulo, distantes 8 km em linha reta. Embora não oficial, foi a primeira transmissão de ondas de rádio.

Em 1904, depois de inúmeros contratempos, Landell de Moura conseguiu patentear nos Estados Unidos três de seus inventos: o telégrafo sem fio, o telefone sem fio e o transmissor de ondas de rádio. Retornou ao Brasil em 1905, onde pretendia ficar alguns meses para depois retornar aos Estados Unidos. Desestimulado pela falta de apoio das autoridades brasileiras, permaneceu no Brasil, abandonando suas pesquisas e invenções e dedicando-se somente às causas religiosas. Considerado o maior inventor brasileiro na área das telecomunicações, o padre Roberto Landell de Moura faleceu em 30 de julho de 1928, em Porto Alegre.



Figura 8.11. Retrato de Roberto Landell de Moura (1861-1928).

Fonte: Torres et al. (2016, p. 266)

Landell ocupa o segundo lugar no total de citações. Este cientista teria feito transmissões de rádio antes do italiano Marconi, ao qual se atribui a invenção do rádio. Por sua vez, Bartolomeu Gusmão realizou um experimento com um protótipo que antecedeu o balão de ar quente. Já Santos Dumont é mais conhecido, especialmente no Brasil, como o pai da aviação com seu 14-Bis.

Nota-se que não ocorreram mudanças significativas nas coleções de Física do PNL D (2015-2017) para o PNL D (2018-2020), uma vez que o total de citações se manteve. Comparando as duas edições do programa, César Lattes teve duas citações a menos, Landell teve uma citação a mais, e um novo personagem apareceu, Cândido Batista de Oliveira. Cândido é citado na coleção por ter realizado o primeiro experimento científico feito no Brasil, a instalação de um pêndulo de Foucault, em 1851, com objetivo de demonstrar que a Terra gira.

Em relação ao tópico conceitual no qual as citações aparecem, verificamos uma maior predominância nos tópicos de Física Moderna e Contemporânea, fato que pode ser explicado pelas citações à Lattes, mencionado nos tópicos de Física de Partículas ou Física Nuclear.

A seguir temos as citações nos *capítulos introdutórios*. Estes capítulos são, em geral, responsáveis por explicar como a física funciona e o que será apresentado no volume. Percebemos que não há uma regularidade entre as coleções, ou seja, cada autor contempla uma discussão diferente neste capítulo introdutório.

Temos 4 citações em capítulos de introdução no PNL D (2015-2017) e 3 no PNL D (2018-2020). Três destas citações, nas duas edições, ocorreram na

CD 12, na qual o autor utilizou três biografias, uma em cada volume, de José Leite Lopes, Mário Schemberg e César Lattes, respectivamente.

Landell de Moura e Cândido Batista de Oliveira foram os únicos cientistas citados no tópico de Ondas. Landel obteve 5 citações e Cândido Batista apenas uma no PNLD (2018-2020).

Em relação ao número de citações por volume, percebemos a predominância delas nos terceiros volumes, seguido dos segundos e dos primeiros volumes, os quais tiveram quantidades muito próximas, tanto no PNLD (2015-2017) como no PNLD (2018-2020).

Qualitativamente, percebemos que o propósito e contexto de cada citação depende mais do cientista em questão do que de outros fatores. Por exemplo, Lattes, em geral, aparece destacado em grandes biografias ou, ao menos, em uma foto, a qual ressalta sua importância e sua notoriedade.

Landell de Moura, bem como Gusmão, aparecem unicamente associados às suas invenções, como uma “curiosidade” ou informação extra, usada para ilustrar o conteúdo, posteriormente à sua exposição no decorrer do texto. Já Santos Dumont aparece num exercício, no PNLD (2015-2017), e numa box que trata da invenção do avião no PNLD (2018-2020), no que parece ser para fins ilustrativos/exemplificativos. Por sua vez, Leite Lopes aparece em uma entrevista a respeito da bomba atômica, como pode ser observado na reprodução da figura 4.

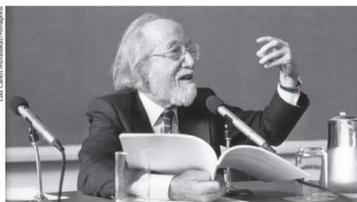
Figura 4 – Entrevista com José Leite Lopes

A HISTÓRIA CONTA

Entrevista com o físico José Leite Lopes

Para comemorar seu 50º aniversário, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) publicou o livro **Cientistas do Brasil: depoimentos** com entrevistas e depoimentos de pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico do nosso país.

Entre tantas pessoas importantes, como Simão Mathias, Mario Schemberg, Marcelo Damy de Souza Santos, Aziz Nacib Ab'Saber, César Lattes e Oscar Sala, destacamos a entrevista do pernambucano Prof. José Leite Lopes (1918-2006) a Ennio Candotti, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, publicada entre setembro/outubro de 1985.



Nasceu em Recife. Foi o primeiro brasileiro a conquistar no exterior o título de doutor (Ph.D.) em Física. Foi professor de Física Teórica da Faculdade Nacional de Filosofia desde 1946 e só deixou o cargo quando foi cassado pelo regime militar em 1969. Foi convidado para dar aulas na Universidade Louis Pasteur, em Estrasburgo, na França, onde permaneceu até 1986. Entre seus trabalhos está o que predisse a existência do bóson Z⁰ e a unificação das forças eletromagnéticas e as forças fracas.

Fonte: Bonjorno et al. (2016, p. 260)

Vale a pena destacar que a CD 12, a qual inseriu três biografias - de Lattes, Leite Lopes e Schemberg – cada uma no capítulo de introdução de cada

volume, sugere que os estudantes entrevistem um cientista brasileiro. Além disso, a CD 12 apresenta a física brasileira no terceiro volume, por meio de um texto de uma página, no qual é relatado a história da nossa ciência.

Apesar desta diversidade de citações, se compararmos ao grande volume de material analisado, podemos afirmar que a presença dos brasileiros nas coleções didáticas ainda é bastante discreta e secundária.

4.1.2. Instituições de Pesquisa citadas

No quadro 6 estão apresentadas as instituições de pesquisa citadas nas coleções didáticas analisadas e os índices de citação.

Quadro 6 – Frequência de aparição das Instituições de Pesquisa por edição do PNLD

Instituição	PNLD (2015-2017)		PNLD (2018-2020)	
	Absoluto	Percentual	Absoluto	Percentual
INPE	9	22%	6	20%
USP	6	15%	6	3%
UFRJ	7	17%	4	13%
LNLS	4	10%	4	20%
ON	2	5%	2	3%
UFMG	1	2%	1	0%
IPEN	1	2%	1	3%
UFPA	1	2%	0	13%
Embrapa	1	2%	1	0%
IPT	1	2%	0	7%
UFPR	1	2%	1	3%
IEN	1	2%	1	3%
Petrobras	1	2%	0	0%
AEB	1	2%	0	0%
Fiocruz	1	2%	1	3%
UFSC	1	2%	0	0%
CBPF	1	2%	1	3%
FEI	1	2%	0	0%
UFP (RS)	0	0%	1	3%
Total	41	100%	30	100%

Fonte: elaborado pelo autor

De maneira semelhante ao item 4.1.1, está destacado a seguir o quantitativo de instituições citadas por tópico conceitual. Estes índices aparecem no quadro 7.

Quadro 7 – Frequência de aparição das Instituições de Pesquisa por tópico conceitual e por edição do PNLD

Tópico conceitual	PNLD (2015-2017)		PNLD (2018-2020)	
	Absoluto	Percentual	Absoluto	Percentual
Eletromagnetismo	22	54%	12	41%
Termodinâmica	7	17%	7	24%
Mecânica	5	12%	2	7%
FMC	4	10%	5	17%
Óptica	1	2%	1	3%
Ondas	1	2%	1	3%
Introdução	1	2%	1	3%
Total	41	100%	30	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Já os índices de citações de instituições por volume são apresentados no quadro 8.

Quadro 8 – Frequência de aparição das Instituições de Pesquisa por edição do PNLD e por volume da coleção

Instituição	PNLD (2015-2017)			PNLD (2018-2020)		
	Vol 1	Vol 2	Vol 3	Vol 1	Vol 2	Vol 3
INPE	1	1	7	1	1	4
UFRJ	1	1	5	0	1	3
USP	1	2	3	0	2	4
LNLS	0	0	4	1	0	3
IPEN	0	0	1	0	0	1
UFPA	1	0	0	0	0	0
Embrapa	0	1	0	0	1	0
UFMG	0	0	1	0	0	1
IPT	0	0	1	0	0	0
Observatório Nacional	0	1	1	0	1	1
UFPR	0	1	0	0	1	0
IEN	0	0	1	0	0	1
Petrobras	0	0	1	0	0	0
Agência Espacial Brasileira	1	0	0	0	0	0
Fiocruz	0	1	0	0	1	0
UFSC	0	0	1	0	0	0
CBPF	0	0	1	0	0	1
FEI	0	1	0	0	0	0
UFP (RS)	0	0	0	0	0	1
Total	5	9	27	2	8	20

Fonte: elaborado pelo autor

No que diz respeito ao contexto no qual temos as citações, foi possível distribuir nas Unidades de Registro mostradas no quadro 9, o qual apresenta a frequência absoluta e percentual.

Quadro 9 – Frequência de aparição das Instituições de Pesquisa por edição do PNLD e por volume da coleção

Contexto	PNLD (2015-2017)		PNLD (2018-2020)	
	Absoluta	Percentual	Absoluta	Percentual
Aplicação tecnológica/científica	24	59%	15	50%
Fonte de dados	13	20%	11	37%
Texto de divulgação	4	10%	4	13%
Total	41	100%	30	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Quantitativamente, constatamos que a instituição de pesquisa mais citada é o INPE (com cerca de um quinto das citações), seguida da UFRJ, USP e do Laboratório de Luz e Sincrotron, bem como do Observatório Nacional. As demais instituições aparecem uma única vez, sendo a maioria no PNLD (2015-2017).

O total de citações é de 41 no PNLD (2015-2017) e 30 no PNLD (2018-2020). A redução se mostra como uma evidência, que vai na contra-mão de uma valorização da pesquisa nacional, ao contrário das nossas expectativas mais otimistas, de uma maior valorização pelos autores das coleções, alguns inclusive pesquisadores da área de Ensino de Física.

O tópico conceitual que mais aparece em citações é o Eletromagnetismo (com o INPE e a UFRJ protagonizando), seguido de Termodinâmica, Mecânica e Física Moderna e Contemporânea, respectivamente. As citações predominam nos terceiros volumes, com mais da metade das ocorrências, seguidas dos segundos e dos primeiros volumes.

As três primeiras instituições do quadro 8 são as únicas presentes nos três volumes, na edição 2015-2017 do programa. Já na edição atual, apenas o INPE se fez presente em todos os volumes. Na figura X ilustramos um exemplo de texto no qual é citado o INPE. O texto trata de raios e o cuidado que devemos ter.

Figura 5 – Texto de CD 02

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Meteorologia

Os raios e os cuidados que devemos ter

O Brasil é o país campeão mundial em incidência de raios. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), foram cerca de 57 milhões de descargas na última década, que fizeram 1 321 vítimas fatais. O atrito entre minúsculas partículas de gelo no interior das nuvens gera eletrização. Nesse processo, normalmente as cargas negativas se concentram na parte de baixo da nuvem, enquanto as cargas positivas ficam na parte de cima.

O aparecimento de campos elétricos é determinado pelas cargas elétricas distribuídas no interior da nuvem e entre a nuvem e o solo. Quando esses campos se tornam suficientemente intensos, ionizam o ar, tornando-o condutor. Ocorrem então descargas elétricas (raios) dentro da nuvem, entre nuvens, entre nuvem e ar, ou entre nuvem e superfície terrestre.



Digital Vision/Getty Images

Descarga elétrica.

Fonte: Bonjorno et al. (2016, p. 56)

A leitura do quadro 9 permite afirmar que, na maioria dos casos, as instituições de pesquisa aparecem em aplicações tecnológicas, ou seja, quando os autores buscam ilustrar alguma aplicação do conhecimento exposto à tecnologia. Em 20% dos casos no PNLD (2015-2017) e 37% no PNLD (2018-2020) as instituições são citadas como fonte de dados para algum argumento ou informação exposta no texto, em sua maioria sobre o clima, incidência de raios no Brasil ou mudanças climáticas.

Em 10% para o PNLD (2015-2017) e 13% no PNLD (2018-2020) aparecem apenas textos de divulgação científica redigidos pelas instituições, publicados em seus *web sites*.

De maneira geral, podemos afirmar que os autores citam as instituições de pesquisa brasileiras de maneira “coadjuvante”, como: a) auxiliar para apresentar dados e estatísticas coletadas no Brasil; b) texto complementar, com algum tipo de pesquisa aplicada; e c) uso de algum material de divulgação, os quais são redigidos pelas instituições.

4.1.3. Demais citações relevantes

Nesta unidade de registro encontra-se uma grande quantidade de citações. Elas foram registradas de acordo segundo: a) Consulta à especialista; b) Acontecimento histórico; c) Autor de texto; d) Invenção brasileira; e) Acadêmico de outra área; e f) Aplicação tecnológica.

Em geral, as citações se constituem em menções à aplicações tecnológicas, opiniões de especialistas à textos midiáticos, cientistas como

autores de texto, cientistas de outras áreas (que não a física), invenções brasileiras (não feita por cientistas), e acontecimentos históricos relevantes no (ou para) o Brasil, bem como acidentes ou catástrofes que envolvam a temática científica. No quadro 10 apresentamos estas ocorrências.

Quadro 10 – Demais ocorrências relevantes por contexto e volume do PNL D (2015-2017)

Coleção	Ocorrência	Contexto	Volume
CD01	Ubiratan D'Alembert (historiador)	Consulta à especialista	vol1
	Odilon Camargo (engenheiro aeronáutico)	Consulta à especialista	vol1
	Luiz Carlos Molion (geógrafo)	Consulta à especialista	vol 2
	Ricardo Felício (geógrafo)	Consulta à especialista	vol2
	Carlos Barros de Araujo (biólogo)	Consulta à especialista	vol2
	Claudio Furukawa (físico)	Consulta à especialista	vol2
	Acidente de Goiânia (citado 2x)	Acontecimento histórico	Vol3
	Alfredo Tiomno Tolmasquim (engenheiro químico)	Consulta à especialista	vol3
CD02	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol3
CD03	Moysés (físico)	Autor de texto	vol1
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol1
	Niemeyer (arquiteto)	Acadêmico de outra área	vol1
	Marcos César Pontes (astronauta)	Acontecimento histórico	vol1
	Felipe A. Pinheiro (físico)	Autor de texto	vol2
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol2
	Marcelo Gleiser (físico)	Autor de texto	vol3
	Denis de Oliveira Damazio (engenheiro eletrônico)	Consulta à especialista	vol3
CD05	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol3
CD06	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol1
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol3
CD08	Gil Costa Marque e Nobuko Ueta (Físico) (2x)	Autor de texto	vol1
	Dr. Antônio Pires (historiador da física)	Autor de texto	vol1
	Marcos Cesar Pontes (astronauta)	Acontecimento histórico	vol1
	Tarley Ferreira de Souza Junior (engenheiro)	Autor de texto	vol2
	Adilson de Oliveira (professor da UFSCAR)	Autor de texto	vol2
	José Aurélio Ramalho (diretor do Observatório Nacional)	Consulta à especialista	vol2
	Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (astrônomo)	Consulta à especialista	vol2
	Fernando Pimentel Souza (engenheiro)	Autor de texto	vol2
	Henrique G. P. Lins de Barros e Darci M. S. Esquivel (biofísicos)	Autor de texto	vol3

	Antônio S. Pires (físico)	Autor de texto	vol3
CD09	Roberto Boczko (físico)	Consulta à especialista	vol1
	José Goldenberg (físico)	Consulta à especialista	vol1
	Melissa O. Premaor e Tania W. Furlanetto (médicas)	Consulta à especialista	vol3
	Marcelo Gleiser (Físico)	Consulta à especialista	vol3
	Liz Pinguelli Rosa (físico)	Consulta à especialista	vol3
	Sylvio de Melo (físico)	Consulta à especialista	vol3
CD10	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol2
	Alexandre Piantini (engenheiro elétrico)	Consulta à especialista	vol3
	Simone Costa (física)	Consulta à especialista	vol3
	José Goldemberg (físico)	Consulta à especialista	vol3
	Acidente de Goiânia	Acontecimento histórico	vol3
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol3
CD11	Cássio Leandro Barbosa (astrônomo)	Consulta à especialista	vol1
	Maria Akutsu (física)	Consulta à especialista	vol2
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	vol2
CD12	Coração artificial (aplicação tecnológica)	Aplicação tecnológica	vol1
	Marcos Cesar Pontes (astronauta)	Acontecimento histórico	vol1
	Acidente de Goiânia	Acontecimento histórico	vol1
CD13	Acidente de Goiânia	Acontecimento histórico	vol3
CD14	Escorredor de arroz	Invenção brasileira	vol1
	Marcelo Gleiser (físico)	Autor de texto	vol1
	Niemeyer (arquiteto)	Acadêmico de outra área	vol1
	Roberto DaMatta (antropólogo)	Acadêmico de outra área	vol2
	Alfredo Moser (mecânico)	Invenção brasileira	vol2
	Megalev Cobra (trem de alta velocidade)	Aplicação tecnológica	vol3

Fonte: elaborado pelo autor

No quadro 10 temos 19 ocorrências no volume 1, 16 no volume 2 e 21 no volume 3. No quadro 11 apresentamos o mesmo levantamento do quadro 10, mas para o PNLD (2018-2020).

Quadro 11 – Demais ocorrências relevantes por contexto e volume do PNLD (2018-2020)

Coleção	Ocorrência	Contexto	Volume
CD01	Aziz Ab'Saber (geólogo)	Acadêmico de outra área	Vol 1
	Odilon Camargo (engenheiro)	Consulta à especialista	Vol 1
	Luiz Carlos Molion (geógrafo)	Consulta à especialista	Vol 2
	Ricardo Felício (geógrafo)	Consulta à especialista	Vol 2
	Furukawa (Físico da Usp)	Consulta à especialista	Vol 2
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	Vol 3
CD02	Sebastião Alverto de oliveira (engenheiro da UNB)	Invenção Brasileira	Vol 1
	Marechal Rondon	Acadêmico de outra área	Vol 1

	Clayton Lino	Acadêmico de outra área	Vol 1
	Kepler de Oliveira (Chefe do dep de Astrofísica da UFRGS)	Consulta à especialista	Vol 2
	Roque de Barros Laraia (antropólogo)	Acadêmico de outra área	vol 2
	Eclipse de Sobral	Acontecimento histórico	Vol 3
CD03	Marcelo Gleiser	Autor de texto	Vol 2
	Felipe A. Pinheiro (CBPF)	Autor de texto	Vol 2
	Wailã de Souza Cruz (astrônomo)	Autor de texto	Vol 2
	Eclipse de sobral	Acontecimento histórico	Vol 2
	Marcelo Gleiser	Autor de texto	Vol 3
	Marcelo Gleiser	Autor de texto	Vol 3
	Adilson de Oliveira (UFSCAR)	Autor de texto	Vol 3
CD05	Acidente de Goiânia	Acontecimento histórico	Vol 3
CD06	Eclipse de sobral	Acontecimento histórico	Vol 1
CD07	Mário Leite (IPT)	Consulta à especialista	Vol 3
CD08	Gil Costa Marques e Nobuko Ueta (IFUSP)	Consulta à especialista	Vol 1
	Antônio Pires (UFMG)	Autor de texto	vol 1
	Marcos Pontes (astronauta brasileiro)	Acontecimento histórico	Vol 1
	Luiz Barco (Escola de comunicação e artes da Usp)	Autor de texto	Vol 1
	Tarley Ferreira de Souza Junior (UFL)	Autor de texto	Vol 2
	Adilson de Oliveira (UFSCAR)	Autor de texto	Vol 2
	Marcelo Gleiser	Autor de texto	Vol 2
	Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (Astronomo)	Autor de texto	Vol 2
	Fernando Pimentel Souza (Prof da UFMG)	Autor de texto	Vol 2
	Jose Miguel Wisnik (Prof de literatura na USP)	Autor de texto	Vol 2
	Henrique G. P. Lins de Barros e Darci M. S. Esquivel (Físico CBPF)	Autor de texto	Vol 3
	Antonio S. Pires (UFMG)	Autor de texto	Vol 3
CD09	Ronaldo Rogério de Freitas Mourão	Autor de texto	Vol 2
	Rosa Maria Affonso Moysés	Acadêmico de outra área	Vol 3
	Melissa O. Premaor e Tania W Furlanetto	Acadêmico de outra área	Vol 3
	Eclipse de sobral	Acontecimento histórico	Vol 3
	Luis Pingueli Rosa	Consulta à especialista	Vol 3
	Sylvio Mello (astrônomo da USP)	Consulta à especialista	Vol 3
CD10	João Carlos Pinheiro Beck (engenheiro)	Consulta à especialista	Vol 1
	Gustavo Rojas (Astrônomo)	Consulta à especialista	Vol 2
	José Ricardo Sabino (Físico)	Consulta à especialista	Vol 3
	Nilton Oliveira Moraes (meteorologista)	Consulta à especialista	Vol 3
	Simone Costa (Pesquisadora do INPE)	Consulta à especialista	Vol 3
	José Goldenberg (Físico)	Consulta à especialista	Vol 3
	Eclipse de sobral	Acontecimento histórico	Vol 3

CD11	Eclipse de sobral	Acontecimento histórico	Vol2
CD12	Desastre de Mariana	Acontecimento histórico	Vol 1
	Marcos César Pontes	Acontecimento histórico	Vol 1
	Jaques Suchodolski (arquiteto)	Acadêmico de outra área	Vol 1
	Desastre de Mariana	Acontecimento histórico	Vol 2
	Acidente de Goiânia	Acontecimento histórico	Vol 3

Fonte: Elaborado pelo autor

Por sua vez, no quadro 12 consta a síntese dos quantitativos, absolutos e percentuais, da unidade de registro “Outras citações”, por contexto para as edições do PNLD (2015-2017) e (2018-2020), respectivamente.

Quadro 12 – Outras citações por contexto

Contexto	PNLD 2015 - 2017		PNLD 2018 - 2020	
	Absoluta	%	Absoluta	%
Opinião de especialista	21	38%	15	28%
Acontecimento histórico	16	29%	13	25%
Autor de texto	11	20%	17	32%
Acadêmico de outra área	3	5%	7	13%
Aplicação tecnológica	3	5%	0	0%
Invenções brasileiras	2	4%	1	2%
Total	56	100%	53	100%

Fonte: elaborado pelo autor

É possível observar que, os autores das coleções que permaneceram na atual edição do PNLD atualizaram os textos e notícias que eram utilizadas na edição anterior, trazendo informações mais recentes e incorporaram, inclusive, o desastre de Mariana, no qual ocorreu o rompimento de uma barragem, a qual acarretou num enorme impacto ambiental e social.

Por outro lado, percebemos que alguns textos foram mantidos e as citações podem aparecer repetidas, quando comparamos os quadros 10 e 11.

Na última unidade de registro temos uma quantidade grande de citações, 56 ocorrências no PNLD (2015-2017) e 53 no PNLD (2018-2020). No entanto, todas são mais breves se comparadas com aquelas da unidade de registro anterior. Em índices percentuais, as citações da última unidade de registro ocorrem no PNLD (2015-2017) em 34% no primeiro volume, 29% no segundo e 37% no terceiro, respectivamente. Já no PNLD (2018-2020) elas ocorrem 26% no primeiro volume, 36% no segundo e 38% no terceiro, respectivamente. É possível afirmar que as citações estão distribuídas aproximadamente uniformemente entre os três volumes.

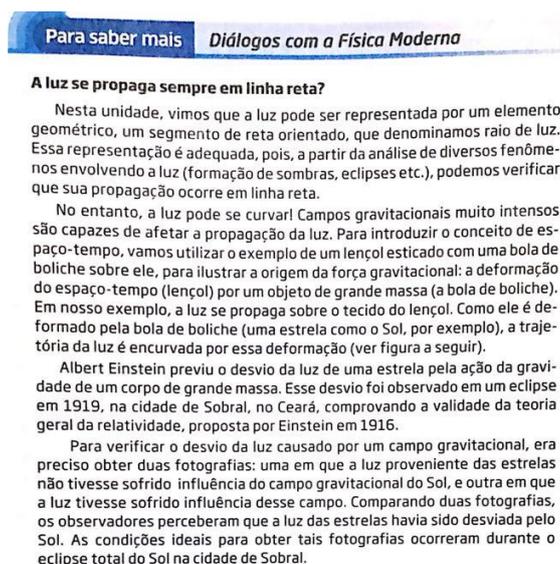
Olhando as citações por “contexto”, verificamos que os autores utilizaram “consultas à especialistas” e citações a “acadêmicos de outras áreas” que não os da física, com uma gama de especialidades que vão desde antropólogos e arquitetos, professores, até geógrafos e engenheiros. Além destes especialistas, identificamos citações à tecnologias desenvolvidas no Brasil, sem mencionar diretamente um pesquisador ou universidade responsável, e invenções feitas por sujeitos que não são cientistas.

A esse respeito temos a “consulta por especialistas” na liderança, com 38% e 28% dos casos, seguida de “acontecimentos históricos relevantes” com 29% e 25%, cientistas citados como “autores de textos” que apareceram nas coleções com 20% e 32%, deixando em menor destaque as citações à “acadêmicos de outras áreas” e citações “tecnológicas”, 5% e 13%, respectivamente. Na sequência, encontramos “invenções brasileiras”, com 4% e 2%, que foram casos mais isolados.

Quando analisamos as mudanças de uma edição do PNLD para outra, percebemos uma certa regularidade, mesmo havendo muitas citações que foram modificadas.

Na figura 6 reproduzimos um trecho de um texto de uma das coleções, como exemplo que cita o eclipse de Sobral, uma vez que ele foi recorrente entre as coleções.

Figura 6 – Trecho reproduzido da CD 11 abordando o eclipse de Sobral



Fonte: Sant’anna et al. (2016, p. 176)

Por fim, a última unidade de registro é a que apresentou o maior número de ocorrências. Porém, consideramos que estas ocorrências são menos relevantes, mais ilustrativas e exemplificativas, muitas vezes associadas à textos midiáticos e pouco associadas à história e ao desenvolvimento da física brasileira. São citações que aparecem ao final dos conteúdos, como um complemento, ou no início dos conteúdos, para introduzir o tema que será abordado, ficando sempre em segundo plano.

Para finalizar, destacamos que a análise das coleções didáticas possibilitou identificarmos material textual disponível nos livros de física utilizados nas escolas públicas do Brasil. Essa identificação poderá balizar a elaboração de nossa proposta de ensino que será apresentada no capítulo 5.

4.2. O imaginário de um grupo de professores

Nesta seção será discutido o imaginário de um grupo de professores de física, atuantes na rede estadual da região de São José do Rio Preto em relação a física brasileira, aos cientistas brasileiros e a importância que atribuem ao ensino desta temática.

Como já mencionado anteriormente, será utilizado como referencial de análise à Análise de Conteúdo Temática. Assim sendo, os questionários foram aplicados junto aos professores, dentro das condições descritas no capítulo da metodologia. Foi realizada a pré-análise com uma leitura flutuante e as primeiras indagações, reflexões e levantamento de hipóteses. A seguir, foi feita a primeira exploração do material, no qual as respostas foram separadas em Unidades de Registro, as quais por sua vez foram se formando a partir de agrupamentos de termos ou sentenças que remetessem a um mesmo significado.

Por fim, foi realizado o tratamento de dados e uma análise mais direcionada para um retorno ao material coletado e para uma nova análise dos textos produzidos pelos sujeitos de pesquisa, buscando trazer novos elementos para debate. A seguir serão apresentadas as respostas obtidas, separadas dentro das suas respectivas UR, e discutidas logo a seguir.

4.2.1. Formação inicial do grupo de professores e tempo de docência

Em relação à formação inicial, a maioria dos professores possuem graduação em matemática, como podemos observar mediante a leitura do quadro 13, o qual apresenta as graduações indicadas por eles. Destaca-se que a soma dos valores indicados na coluna da direita é superior ao número de professores. Isso acontece por que alguns professores indicaram mais de uma graduação.

Quadro 13 – Formação inicial do grupo de professores colaboradores

Formação inicial	
Matemática	20
Física	8

Matemática com habilitação em física	3
Química	3
Biologia	1
Ciências	1
Pedagogia	1
Não comentaram este aspecto	1

Fonte: elaborado pelo autor

Quanto ao tempo de docência, 10 professores possuem até 10 anos de experiência profissional, 13 docentes entre 10 e 20 anos e 6 entre 20 e 25 anos. No total de docentes, 5 não comentaram o tempo que possuem de magistério escolar.

No que diz respeito ao tempo em que lecionam aulas de física, 16 professores afirmaram que possuem até 10 anos de prática (sendo que destes, metade leciona apenas a 1 ou 2 anos), 6 tem entre 10 e 20 anos lecionando esta disciplina e apenas 3 lecionam física há mais de 20 anos.

Ainda, 11 docentes não indicaram quanto tempo lecionam física. Outro dado interessante é que 10 docentes lecionaram esta disciplina desde o início da carreira, outros 10 a menos da metade do tempo de carreira e apenas 3 ministram a disciplina a mais da metade da carreira.

4.2.2. Contato dos professores com pesquisa científica

No que diz respeito ao contato do grupo de docentes com algum tipo de pesquisa científica temos três URs: 50% (17) afirmaram não ter realizado ou participado de pesquisa na graduação e 44% (15) afirmaram ter feito pesquisa na graduação. Não foi possível identificar uma resposta em no questionário de 2 docentes (6%).

Das respostas afirmativas temos as URs divididas de acordo com as áreas citadas pelos sujeitos ao responder o questionário. A distribuição absoluta e percentual por áreas de pesquisa é apresentada no quadro 14.

Quadro 14 –Áreas de pesquisa nas quais os docentes participaram e índices absolutos e percentuais de participação

Afirmam não ter feito pesquisa na graduação	17	50%
Afirmam ter feito pesquisa na graduação	15	44%
Não foi possível identificar uma resposta	2	6%

Das respostas afirmativas, a distribuição por áreas de pesquisa		
Não citou a área	3	9%
Ensino de Física	3	9%
Educação especial	2	6%
Física	2	6%
Biologia	1	3%
Química	1	3%
Educação Matemática	1	3%
Educação	1	3%
Geologia	1	3%
Ensino de química	1	3%

Fonte: elaborado pelo autor

Vale destacar que três docentes (9%) não mencionaram a área de pesquisa em que participaram. Ainda, notamos que metade afirmou não ter realizado pesquisa na graduação. Dentre os que afirmam ter realizado pesquisa, 8 professores citaram ter realizado alguma pesquisa relacionada ao Ensino.

4.2.3. Trabalho de um cientista

Quando questionados em relação ao trabalho de um cientista, apareceu uma gama significativa de respostas, as quais foram divididas em URs. Os índices quantitativos são apresentados no quadro 15.

Quadro 15 – Índices absolutos de citações quanto ao trabalho de um cientista

Função	
Fazer pesquisa	24
Fazer descobertas/elaborar explicações para fenômenos	13
Melhorar o mundo/contribuir com a sociedade	7
Faz a leitura da Natureza/ desvendar a natureza	4
Não comentou este aspecto	2
Desenvolver tecnologia	1
Pensar de maneira diferente e inovadora	1
Estudar	1

Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se que cada professor pode ter indicado mais de uma resposta. A resposta mais frequente é que um cientista faz pesquisa (24), seguida pela elaboração de explicações para fenômenos (13).

4.2.4. Conhecimento da existência de centro de pesquisa ou universidade na sua cidade ou região

Quando perguntamos a respeito do conhecimento da existência de algum centro de pesquisa ou universidade na cidade ou região em que residem os professores e que realiza pesquisa científica, como esperávamos, a maioria apontou a UNESP (uma vez que nela se encontravam respondendo o questionário). As URs são as siglas dos estabelecimentos, conforme mostra o quadro 16 a seguir.

Quadro 16 – Instituições de pesquisa citadas pelos professores

Instituição	Número de citações
UNESP/ IBILCE	18
Fatec	1
UNILAGO	1
UNIP	1
FAMERP	2
UNICAMP	1

Fonte: elaborado pelo autor

Do conjunto de professores, 13 deles não conhecem e/ou não citaram nenhuma instituição. Apesar da UNESP ter sido a instituição mais citada, houve um número significativo que não citou nenhuma instituição.

No que diz respeito à área de conhecimento da pesquisa realizada nas instituições mencionadas, as URs são as áreas citadas pelos sujeitos, conforme o quadro 17.

Quadro 17 – Área de conhecimento da pesquisa realizada nas instituições mencionadas

Área citada	Quantidade de citações
Não comentou este aspecto	22
Física	6
Biologia	6
Educação	3
Exatas	2
Humanas	2
Matemática	2
Computação	1
Saúde	1
Ciência	1
Tecnologia	1

Engenharia de alimentos	1
Letras	1

Fonte: elaborado pelo autor

Do total de professores, 22 não citação a área de pesquisa da instituição que mencionou anteriormente.

4.2.5. Conhecimento de cientistas estrangeiros e brasileiros

Na quinta pergunta, objetivávamos saber se os professores possuíam algum conhecimento dos cientistas brasileiros e estrangeiros. Em relação a essa questão, os índices obtidos nas respostas são apresentados nos quadros 18 e 19, respectivamente, para os cientistas estrangeiros e para os brasileiros. Esta foi a única questão em que as URs já eram pré-estabelecidas, uma vez que as alternativas já eram apresentadas e solicitado apenas que os sujeitos assinalassem uma delas. Havia também a possibilidade de colocarem um comentário (opcional).

Quadro 18 – Respostas para os cientistas estrangeiros

Resposta marcada	Albert	Isaac	Peter	Neil	Marie	Total	%
	Einstein	Newton	Higgs	Tyson	Curie		
Nunca ouviu Falar	0	0	10	16	11	37	22%
Conhece pelo nome	0	0	8	9	5	22	13%
Conhece pela mídia/internet	4	2	12	6	6	30	18%
Estudou na escola/faculdade	30	32	4	3	12	81	48%
Em Branco	0	0	0	0	0	0	0%
Total	34	34	34	34	34	170	100%

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 19 – Respostas para os cientistas brasileiros

Resposta marcada	Leite	César	Mário	Landel	Total	%
	Lopes	Lattes	Schenberg	Moura		
Nunca ouviu Falar	18	5	11	21	55	40%
Conhece pelo nome	6	4	13	8	31	23%
Conhece pela mídia/internet	6	10	6	4	26	19%

Estudou na escola/ faculdade	4	14	4	1	23	17%
Em Branco	0	1	0	0	1	1%
Total	34	34	34	34	136	100%

Fonte: elaborado pelo autor

4.2.6. Contato com a física brasileira na Formação Inicial

No que diz respeito ao contato com a física brasileira na formação inicial, 15 docentes afirmaram que não tiveram ou que não se recordam, 13 docentes responderam a questão de maneira afirmativa, e em 6 casos não foi possível identificar uma resposta positiva ou negativa.

Dos 13 docentes que responderam a pergunta positivamente, há indícios de que eles não compreenderam o teor da questão, talvez por uma leitura desatenta. A diante iremos esclarecer estes aspecto.

4.2.7. Importância da física brasileira na Formação Inicial e na Educação Básica

Ao serem questionados em relação à importância da física brasileira ser discutida na formação inicial dos futuros professores e em aulas de Ciências na Educação Básica, houve a indicação de respostas diversas que estão sintetizadas nos quadros 20 e 21. Especificamente, no que diz respeito à importância da inserção da discussão na Educação Básica, apareceram dois tipos de respostas: as que podem ser unitizadas com relação à relevância e com relação ao interesse.

Quadro 20 – Importância da física brasileira na Formação Inicial

Nível de importância	Quantidade
Muito importante	12
Não foi possível identificar uma relevância	12
Extremamente necessário/fundamental	5
Importante	2
Deveria existir uma disciplina específica sobre o tema	1

Deveria ser obrigatório	1
Deve existir pois algum aluno pode questionar o professor sobre o tema	1

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 21 – Importância da física brasileira na Educação Básica

Nível de importância atribuído	Quantidade
Não foi possível identificar uma relevância	15
Muito importante	9
É importante	3
Necessário	2
Deve ser apresentado de forma complementar/não obrigatório	2
Não pode ser cobrado na escola por que o vestibular pede outra coisa	1
Seria interessante inserir o tema	1
É um incentivo aos alunos	1

Fonte: elaborado pelo autor

Após a apresentação da unitarização das respostas, se segue comentando alguns enunciados que podem trazer elementos que elucidam o imaginário dos professores em relação a Ciência Brasileira, o Cientista Brasileiro e, a importância que atribuem a esta temática, levando em consideração as condições de produção destes enunciados e os atravessamentos ideológicos que os sujeitos estão expostos pela sua condição institucional, e a opacidade da linguagem nos enunciados.

O quadro 13 revela que mais da metade dos professores (20) possui formação inicial em matemática. Apenas 8, dos 34, possuem formação em física. Ainda, mais da metade dos professores têm mais de 10 anos de prática escolar. Temos então um grupo diverso de professores o que inclui novatos e veteranos e com formações diversas, sendo que uma parcela considerável não realizou pesquisa científica, conforme apresentamos no quadro 14.

Na concepção do que é o trabalho de um cientista, observa-se pelo quadro 15 que os professores apontam que o trabalho do cientista está relacionado com o desenvolvimento de pesquisa, buscar compreender a natureza, inventar, desenvolver tecnologias, e melhorar a humanidade de alguma maneira.

Estas são características comumente atribuídas aos cientistas, mas revelam uma visão limitada, muito diferente do que é o trabalho cotidiano de um cientista. Reproduzimos a seguir alguns trechos das respostas dos professores.

É de investigação, desenvolvimento, explicação, aperfeiçoamento, e de contribuição para a humanidade (P6)

Pesquisar e descobrir algo que não está ao alcance da população (P8)

Buscar entender a natureza e seus fenômenos(P10)

Pesquisar, descobrir, investigar algo para o nosso benefício (P13)

Realiza pesquisas com a finalidade de alcançar uma compreensão mais clara e complexa a respeito da natureza (P31)

Nenhum professor indicou que um cientista ministra aulas, publica artigos, busca financiamentos, orienta alunos em programas de pós-graduação, desempenha cargos de gestão, gerência um laboratório ou um grupo de pesquisa e debate com os pares. Ainda, nenhum professor apontou que o desenvolvimento científico é muito influenciado pela indústria e que o cientista também trabalha para o desenvolvimento econômico de um país (que nem sempre está vinculado a uma melhora social) e muitas vezes atendendo a interesses do setor privado.

No que diz respeito ao conhecimento sobre uma Universidade ou Centro de Pesquisa que realiza pesquisa científica na cidade ou região na qual reside, houve uma parcela muito significativa de professores que afirmou desconhecer, mesmo estando naquele momento dentro da UNESP respondendo o questionário, na presença de um cientista que ali trabalhava.

Isso revela um desconhecimento das atividades científicas que ocorrem muito próximas geograficamente das suas residências e do local de seu trabalho. Houve, ainda, o caso do P19 que afirmou que “toda universidade trabalha com pesquisa científica, mas não tenho contato com nenhuma pessoa que faz pesquisa científica”.

No que diz respeito ao conhecimento de cientistas estrangeiros, percebemos pela leitura dos quadros 18 e 19 que Einstein e Newton são as figuras que, de longe, mais se destacaram na alternativa “Estudei sobre ele na escola ou Universidade”.

Por sua vez, o brasileiro mais indicado foi César Lattes, com 14 indicações, bem distante das mais de 30 indicações dos cientistas estrangeiros. Num panorama geral, vemos que para os cientistas estrangeiros há uma maioria (48%) que afirma ter estudado sobre eles num processo de educação formal, enquanto que, para os brasileiros, na média, (40%) nunca ouviu falar nos nomes citados.

É claro que os resultados poderiam ter sido bastante diferentes se fossem escolhidos outros nomes menos conhecidos para os estrangeiros, apesar disso não há motivos que indiquem que as percentagens para os cientistas brasileiros seriam mais otimistas, no sentido que mais professores afirmariam ter estudado sobre eles.

Foi notável que boa parte dos professores associou aos estrangeiros algum de seus feitos que os colocaram no seu status de mundialmente conhecidos, enquanto, no caso dos brasileiros, houveram diversas respostas em que os professores tinham marcado uma alternativa, rasuraram o questionário e marcaram outra alternativa com algum comentário, ou assinalaram uma alternativa incompatível com o comentário que escreveram.

Alguns professores apontaram informações corretas a respeito de Landel de Moura, como por exemplo o P20 que comentou “Fiquei na dúvida com esse. Era Padre? Não sei”. Landel realmente era padre. O P22 também reconheceu este cientista, comentando “Como o inventor do rádio, cientista brasileiro, ondas sem fio”, reconhecendo o fato de que Landel supostamente teria realizado a primeira transmissão de ondas de rádio entre os anos de 1983 e 1984.

A respeito de terem tido contato com a física brasileira na formação inicial, muitos professores afirmaram que tiveram contato, porém a maior parte das respostas dá evidências de que talvez tenham compreendido que estavam sendo questionados se tiveram conteúdos de física e não de física brasileira como podemos observar nos trechos reproduzidos a seguir.

Sim, só a base sobre ciências (P7, formação inicial em matemática)

Somente a parte teórica voltada para as fórmulas (P10, formação inicial em matemática)

Sim, na faculdade tive dois anos de física (P29, formação inicial em matemática)

Por outro lado, há aqueles que aparentam ter compreendido a questão.

Apenas na disciplina de História da Ciência, muito brevemente (P4, formação inicial em física)

Sim, quando estudamos sobre questões de física e sociedade abordando a influência do Brasil nas pesquisas científicas (P19, formação inicial em física)

Sim, foi abordado algo, pois tenho uma vaga lembrança, mas não si comentar sobre qual era o conteúdo (P22, formação inicial em física e matemática)

Por fim, no que diz respeito à importância da inserção de discussões da física brasileira na Educação Básica, a leitura dos quadros 20 e 21 permite afirmar que, no geral, os professores consideram importante a inserção, como podemos observar nos trechos de algumas respostas.

Por exemplo, o professor P24 aponta que na formação inicial “deveria ocorrer uma disciplina só disso”, porém nas aulas do Ensino Médio “infelizmente isso não pode ser abordado na escola pois o vestibular cobra outro assunto”.

Já P23 salienta que, na formação inicial é “muito importante, para mostrar que a física brasileira é e foi importante para o desenvolvimento da física atual”, e para o Ensino Médio “muito importante, para que os alunos despertem interesse para a ciência”.

P21 afirma que “creio que seja de 1º importância junto ao aluno de graduação como matéria obrigatória”, mas “já no E.M. é interessante pode ser apresentado como tema transversal mas não obrigatório”.

P18 vai por uma outra linha de argumentação. Com relação a inserção de discussões da física brasileira ele afirma que “tem que envolver sim o aluno de graduação, pois se não souber uma hora que se tornar professor e seu aluno perguntar não terá como responder”. Por sua vez, no que tange ao Ensino Médio o professor diz:

O aluno de Ensino Médio é curioso, questiona sobre as coisas que abordamos em sala de aula, é importante mostrar a relevância das pesquisas brasileiras nos conteúdos para que ele entenda que existe (P18).

Buscou-se por meio de algumas respostas dadas no questionário trazer elementos que auxiliassem a entender qual a percepção que os professores têm da ciência brasileira, do cientista brasileiro e qual importância atribuem ao tema.

A análise permitiu identificar a influência das condições de produção histórica e social, manifestadas nas respostas. A condição de professor condiciona o comportamento dos sujeitos para produzirem enunciados que compactuem com a imagem que se espera de um professor, com as permissões ideológicas associadas a esta posição institucional que ocupavam, qual seja a de um sujeito possuidor de conhecimento correto.

Foi possível observar que os professores possuem uma visão muito simplista do trabalho do cientista. Os professores não dão indícios de que veem o cientista como um trabalhador comum. Como esperar então que estes professores reconheçam seus professores da universidade como cientistas? Como esperar que este professor reconheça um cientista brasileiro mesmo que ele esteja ali, na sua frente prestes a ministrar um curso que estavam fazendo durante um ano?

A ciência não é feita apenas pelos cientistas dos livros, por aquele cientista que estuda objetos distantes e inacessíveis. A ciência também é feita por homens e mulheres que provavelmente não terão uma bibliografia publicada ou ficarão mundialmente famosos, por sujeitos que residem na sua cidade e que foram seus professores.

Enquanto a concepção do que é ser cientista não mudar no imaginário do professorado, esta classe não reconhecerá um cientista que lhe é acessível, nem seu trabalho como parte integrante da ciência. Sem esse reconhecimento não há como estabelecer um vínculo com a ciência brasileira produzida a nível local e regional. Talvez parte desse distanciamento dos professores com o trabalho científico se dê por conta de que metade dos sujeitos nunca praticaram pesquisa científica.

No que diz respeito ao nível de conhecimento da ciência nacional, num sentido mais amplo, nota-se que a maior parte dos professores nunca ouviu falar de alguns dos maiores nomes da física brasileira, mesmo que estejam presentes nas coleções didáticas do PNL D. Este fato fica evidente quando a maior parte dos professores afirma não ter tido contato com esta temática na formação inicial, e os que tiveram mencionam ser sido de maneira breve.

Por outro lado, há um reconhecimento da importância da discussão desta temática, tanto na formação inicial do futuro professor como no Ensino

Médio, o que denuncia a ausência da inserção destas discussões e dos benefícios que traria, segundo alguns apontamentos feitos pelos docentes.

Em suma, foi possível aferir que os docentes envolvidos no estudo pouco conhecem da ciência brasileira, seja a nível histórico e do papel dos brasileiros na ciência mundial ou a nível local e regional. Condicionados por uma visão limitada do trabalho científico e do imaginário da figura do cientista, incompatível com a realidade atual da ciência, os docentes ficam impedidos de enxergar o pesquisador brasileiro como um membro da comunidade científica no sentido mais estrito. Esse conjunto de fatores cria uma barreira entre a ciência nacional e a escola.

É válido argumentar a favor de uma maior valorização da ciência nacional nos estabelecimentos de educação formal, tanto nas escolas como nas universidades, permitindo que educandos tenham acesso à ciência que já foi e vem sendo desenvolvida em seu próprio país. Isso permitiria uma aproximação da população com a produção científica, o que consideramos benéfico para a sociedade como um todo.

4. 3. O conhecimento dos alunos a respeito da física brasileira

Após apresentar os resultados e discussões sobre os questionários dos professores, aqui estão apresentados os resultados dos questionários dos alunos. O referencial teórico segue o mesmo (análise de conteúdo por abordagem temática), e os procedimentos são análogos ao caso anterior. Seria redundante repeti-los detalhadamente aqui.

Aqui serão apresentados um compilado dos resultados obtidos a partir das respostas dos alunos de três escolas públicas estaduais da cidade de São José do Rio Preto, sendo que, em cada escola, três turmas responderam ao questionário.

4. 3.1. Respostas obtidas

4. 3.1.1. Primeira questão

Na primeira questão os estudantes deveriam responder apontando nomes de cientistas. Esta questão estava aqui pensada para elucidar com quais figuras os estudantes estão mais familiarizados, o que, de certa forma, permite inferir, num primeiro momento, quais personagens são imediatamente associadas à figura do cientista. Os quadros a seguir apontam, respectivamente, os resultados obtidos para cada turma.

Quadro 22. Cientistas citados pelas turmas da Escola 1

Nome citado	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total	Freq %
Einstein	36	26	28	90	87,4%
Newton	29	24	20	73	70,9%
Não citaram nomes	2	2	5	9	8,7%
Galileu	4	0	2	6	5,8%
Tesla	3	1	1	5	4,9%
Darwin	1	1	2	4	3,9%
Peter Higgs	2	2	0	4	3,9%
Thomas Edson	1	2	1	4	3,9%
Pitágoras	1	2	0	3	2,9%
Gregor Mendel (botânico)	2	0	0	2	1,9%
Bohr	1	1	0	2	1,9%
Landel de Moura	1	1	0	2	1,9%
Tales de Mileto	1	1	0	2	1,9%
Thomas Hobbes (Matemático)	1	0	1	2	1,9%
Neil deGrasse Tysson	0	1	1	2	1,9%
Marie Currie	0	1	1	2	1,9%
Stephen Hawking	0	0	2	2	1,9%
Atila Imaniro	1	1	0	2	1,9%

Torriceli	1	0	0	1	1,0%
Pascal	1	0	0	1	1,0%
Joule	1	0	0	1	1,0%
Lamarck	1	0	0	1	1,0%
Azis ab Saber	1	0	0	1	1,0%
Demócrito	1	0	0	1	1,0%
Leucipo	1	0	0	1	1,0%
Rutherford	1	0	0	1	1,0%
Arrhenius	1	0	0	1	1,0%
Gregor Mendel	1	0	0	1	1,0%
José Leite Lopes	1	0	0	1	1,0%
Mário S.	1	0	0	1	1,0%
César Lattes	0	1	0	1	1,0%
Lavoisier	0	1	0	1	1,0%
Sócrates	0	1	0	1	1,0%
Thomas Robert	0	1	0	1	1,0%
André Souza	0	1	0	1	1,0%
Caio Gomes	0	1	0	1	1,0%
Faraday	0	0	1	1	1,0%
Leonardo Davincci	0	0	1	1	1,0%
Aristóteles	0	0	1	1	1,0%
Copérnico	0	0	1	1	1,0%
Arquimedes	0	0	1	1	1,0%
Pasteur	0	0	1	1	1,0%
Carl Sagan	0	0	1	1	1,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 23. Cientistas citados pelas turmas da Escola 2

Nome citado	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total	Freq %
Einstein	17	20	22	59	57,3%
Newton	14	12	20	46	44,7%
Stephen Hawking	0	14	1	15	14,6%
Darwin	3	6	5	14	13,6%
Galileu	6	3	4	13	12,6%
Bohr	3	1	3	7	6,8%
Rutherford	3	1	2	6	5,8%
Lamarck	1	3	1	5	4,9%
Dalton	2	0	3	5	4,9%
Tesla	1	0	3	4	3,9%
Não citaram nomes	3	0	0	3	2,9%
Thomas Edson	1	1	1	3	2,9%
Pitágoras	0	1	2	3	2,9%
Neil deGrasse Tysson	0	1	2	3	2,9%
Marie Currie	0	1	2	3	2,9%
Thompson	1	0	2	3	2,9%
Lavoisier	1	0	1	2	1,9%
Sócrates	0	2	0	2	1,9%

Faraday	0	1	1	2	1,9%
Copérnico	1	0	1	2	1,9%
Max Planck	1	0	1	2	1,9%
Santos Dummont	0	0	2	2	1,9%
<i>João Paulo</i>	0	0	2	2	1,9%
Landel de moura	0	0	1	1	1,0%
Atila Iamarino	0	1	0	1	1,0%
Leonardo Davincci	0	0	1	1	1,0%
Carl Sagan	0	0	1	1	1,0%
Sheakespeare	0	1	0	1	1,0%
Benjamin Franklin	0	1	0	1	1,0%
Graham Bell	0	1	0	1	1,0%
Alessandro Volta	0	1	0	1	1,0%
Freud	0	1	0	1	1,0%
Descartes	0	0	1	1	1,0%
Johannes Kepler	0	0	1	1	1,0%

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 24. Cientistas citados pelas turmas da Escola 3

Nome citado	Turma 1	Turma 2	Turma 3 (EJA)	Total	Freq %
Einstein	17	10	31	58	56,3%
Newton	8	8	9	25	24,3%
Não citaram nomes	5	9	21	35	34,0%
Stephen Hawking	1	0	4	5	4,9%
Marie Currie	1	1	3	5	4,9%
Bohr	4	0	0	4	3,9%
César lattes	2	2	0	4	3,9%
Dalton	3	0	0	3	2,9%
Thomas Edson	0	1	2	3	2,9%
Thompson	3	0	0	3	2,9%
Santos Dummont	0	0	3	3	2,9%
Galileu	1	0	1	2	1,9%
José Leite Lopes	1	1	0	2	1,9%
Rutherford	2	0	0	2	1,9%
Tesla	1	0	0	1	1,0%
Sócrates	0	1	0	1	1,0%
Copérnico	1	0	0	1	1,0%
Darwin	0	0	1	1	1,0%
Leonardo Davincci	1	0	0	1	1,0%
Aristóteles	1	0	0	1	1,0%
Arquimedes	0	0	1	1	1,0%
Lincoln	1	0	0	1	1,0%
Murphy	0	1	0	1	1,0%
<i>Dr. Simonse</i>	0	0	1	1	1,0%
Karl Marx	0	0	1	1	1,0%

Fonte: Elaborado pelo autor

Veja que, existe uma certa regularidade se comparamos as turmas de uma mesma escola entre si. Da mesma forma, quando comparamos as escolas entre si, as respostas não são muito diferentes. Muitos nomes se repetem mas mesmo assim alguns nomes novos aparecem. Os nomes em itálico foram citados mas não foi possível associá-los a uma figura conhecida. Os nomes foram apontados conforme escrito nos questionários.

Observe que não foram citados apenas cientistas, mas todo tipo de figura conhecida, desde filósofos até *digital influencers* da atualidade. Pensando nos nomes citados pelos alunos como Unidades de Registro, há muita variedade. Sendo assim, na comparação entre as escolas, foram feitas duas grandes categorias, que por sua vez, foram subdivididas. A primeira divisão é entre **Cientistas** e **Não cientistas**. Dentro das categoria Cientistas, há a subdivisão entre **Cientistas brasileiros** e **Cientistas estrangeiros**. Dentro da categoria Não cientistas, há as subcategorias **Filósofos**, **Divulgadores da ciência** e **Outros nomes**. Confira no quadro a seguir.

Quadro 25 – Comparação das respostas entre as escolas

Nome citado	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Total	Freq %
Não citaram nomes	9	3	35	47	
Categoria 1 - Cientistas					
Cientistas Brasileiros					
César Lattes	1	0	4	5	27,8%
Santos Dumont	0	2	3	5	27,8%
Landell de Moura	2	1	0	3	16,7%
Leite Lopes	1	0	2	3	16,7%
Mário Schemberg	1	0	0	1	5,6%
Azis abSaber	1	0	0	1	5,6%
Total	6	3	9	18	100,0%
Cientistas estrangeiros					
Albert Einstein	90	59	58	207	39,7%
Isaac Newton	73	46	25	144	27,6%
Stephen Hawking	2	15	5	22	4,2%
Galileu Galilei	6	13	2	21	4,0%
Charles Darwin	4	14	1	19	3,6%
Niels Bohr	2	7	4	13	2,5%
Marie Curie	2	3	5	10	1,9%
Nicola Tesla	5	4	1	10	1,9%
Ernest Rutherford	1	6	2	9	1,7%
Thomas Edson	4	3	1	8	1,5%
John Dalton	0	5	3	8	1,5%
Joseph Thompson	0	3	3	6	1,1%

Jean-Baptiste de Lamarck	1	5	0	6	1,1%
Niel deGrasse Tysson	2	3	0	5	1,0%
Peter Higgs	4	0	0	4	0,8%
Nicolau Copérnico	1	2	1	4	0,8%
Antonie Lavoisier	1	2	0	3	0,6%
Michael Faraday	1	2	0	3	0,6%
Leonardo Davincci	1	1	1	3	0,6%
Gregor Mendel	3	0	0	3	0,6%
Carl Sagan	1	1	0	2	0,4%
Thomas Hobbes	2	0	0	2	0,4%
Evangelista Torricelli	1	0	0	1	0,2%
James Joule	1	0	0	1	0,2%
Louis Pasteur	1	0	0	1	0,2%
Blaise Pascal	1	0	0	1	0,2%
Svante Arrhenius	1	0	0	1	0,2%
Alexander Bell	0	1	0	1	0,2%
Max Planck	0	1	0	1	0,2%
Benjamin Franklin	0	1	0	1	0,2%
Alessandro Volta	0	1	0	1	0,2%
Johannes Kepler	0	1	0	1	0,2%
Total	211	199	112	522	100,0%

Categoria 2 - Não cientistas

Filósofos					
Pitágoras	3	3	0	6	28,6%
Sócrates	1	2	1	4	19,0%
Aristóteles	1	0	1	2	9,5%
Thales de Mileto	2	0	0	2	9,5%
Arquimedes	1	0	1	2	9,5%
Freud	0	1	0	1	4,8%
Karl Marx	0	0	1	1	4,8%
Leucipo	1	0	0	1	4,8%
Demócrito	1	0	0	1	4,8%
Descartes	0	1	0	1	4,8%
Total	10	7	4	21	100,0%
Digital Influencers					
Atila Iamarino	2	1	0	3	60,0%
Caio Gomes	1	0	0	1	20,0%
André Souza	1	0	0	1	20,0%
Total	4	1	0	5	100,0%
Outros nomes					
João Paulo	0	2	0	2	40,0%
Sheakspeare	0	1	0	1	20,0%
Thomas Robert	1	0	0	1	20,0%
Lincoln	0	0	1	1	20,0%
Dr. Simonse	0	0	1	1	20,0%
Murphy	0	0	1	1	20,0%

Total	1	1	3	5	100,0%
--------------	----------	----------	----------	----------	---------------

Fonte: elaborado pelo autor

Nos primeiros quadros os nomes indicados foram apresentados conforme a grafia no questionário, na comparação entre as escolas foram apresentados os nomes completos, conforme associação feita pelos pesquisadores. Por exemplo, se foi indicado o nome “Lavoisier” no questionário, se entende que o aluno fala de “Antonie Lavoisier”, químico mundialmente conhecido e figura presente nos currículos escolares. Os dados da comparação entre as escolas serão melhores discutidos mais adiante.

4. 3.1.2. Segunda questão

Na segunda questão os alunos foram questionados se já visitaram alguma instituição de pesquisa ou universidade, se conheceram os cientistas que trabalhavam lá, e que eles fazem. A seguir estão apresentados os resultados para cada uma das três escolas. Houve muitas respostas incompletas, mas os resultados apontados foram agrupados em Unidades de Registro apresentadas nos quadros. No que diz respeito ao local de visita, as URs indicadas são as siglas ou nomes das instituições. No que diz respeito ao trabalho desenvolvido pelos pesquisadores/professores, as URs foram elaboradas a partir de elementos em comum que foram recorrentes nos textos, por exemplo, alguns estudantes visitaram um laboratório de microbiologia, e descreviam algum aspecto da pesquisa relacionada a esta área, essas respostas foram todas agrupadas numa mesma UR, a qual foi nomeada como “citou a área da biologia”. Da mesma maneira, todo texto que remetia ao trabalho de pesquisa foi agrupado na UR “fazem pesquisa”, assim por diante.

Quadro 26 – Instituições citadas na Escola 1

	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Visitaram	11	16	15	42
Não visitaram	6	9	10	25
Citaram a Unesp	1	3	0	4
Citaram o CIECC	1	0	1	2
Museu de Ciência em SP	0	1	0	1
Unirp	1	3	1	5
Unip	1	1	0	2
Unilago	1	0	0	1
Laboratório da escola	0	0	1	1
Conhecerem professor/pesquisador?				

Sim	3	3	6	12
Não	2	7	4	13
Não comentaram esse aspecto	11	13	7	31
O que eles fazem?				
Não comentaram esse aspecto	10	8	6	24
Desenvolvem Ciência/Fazem pesquisa	2	9	6	17
Realizam experimentos	3	1	3	7
Buscam melhorar nossa vida/a humanidade	1	1	4	6
Testam teorias	2	1	1	4
Lecionam	1	1	2	4
Estudam/se especializam	0	0	4	4
Inventam coisas/criam produtos	0	2	1	3
Afirmaram desconhecer	1	0	1	2
Trabalham	1	1	0	2
Pesquisas por estudantes universitários	1	0	0	1
Citou a área de Biologia	1	0	0	1
Citou a área de Matemática	0	1	0	1
Administram o local de trabalho	0	1	0	1
Responderam apenas não	21	7	8	36

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 27 – Instituições citadas na Escola 2

	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Visitaram	13	14	12	39
Não visitaram	4	3	7	14
Citaram a Unesp	2	3	4	9
Citaram o CIECC	4	4	0	8
Unirp	0	2	1	3
Unip	0	2	1	3
Unilago	0	2	2	4
Ufscar	2	2	0	4
USP	1	1	0	2
UEL	0	1	0	1
Conhecerem professor?				
Sim	3	7	1	11
Não	5	4	3	12
Não comentaram esse aspecto	9	6	15	30
O que eles fazem?				
Não comentaram esse aspecto	4	4	8	16
Desenvolvem Ciência/Fazem pesquisa	7	6	8	21
Inventam coisas/criam produtos/descobrem	2	3	1	6
Realizam experimentos	3	1	2	6
Citou a área de Biologia	1	2	2	5
Testam teorias	2	1	0	3

Citou a área de química	0	2	1	3
Buscam melhorar nossa vida/a humanidade	1	1	0	2
Afirmaram desconhecer	1	1	0	2
Tentam entender o mundo/o porquê das coisas	1	1	0	2
Estudam/se especializam	0	1	1	2
Lecionam	0	0	1	1
Responderam apenas não	4	7	5	16

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 28 – Instituições citadas na Escola 3

	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Visitaram	11	11	5	27
Não visitaram	3	2	9	14
Citaram a Unesp	2	1	0	3
Unirp	1	0	0	1
Unilago	0	0	1	1
Conhecerem professor?				
Sim	1	2	0	3
Não	7	4	5	16
Não comentaram esse aspecto	6	7	9	22
O que eles fazem?				
Não comentaram esse aspecto	5	1	5	11
Desenvolvem Ciência/ Fazem pesquisa	5	6	4	15
Realizam experimentos	3	3	1	7
Testam teorias	3	1	1	5
Afirmaram desconhecer	0	3	1	4
Trabalham	0	0	3	3
Estudam /se especializam	2	0	0	2
Pesquisas por estudantes/Iniciação científica	0	1	0	1
Inventam coisas/criam produtos	0	0	1	1
Citou a área de química	0	0	1	1
Responderam apenas não	11	5	41	57
Em branco	1	1	1	3

Fonte: elaborado pelo autor

É notável que aparecem uma gama significativa de nomes de universidades que os estudantes visitaram, apesar disso muitos alunos afirmaram não ter visitado. Dentre os que visitaram, nem todos tiveram oportunidade de conhecer os pesquisadores, e alguns não comentaram o trabalho que acreditam ser desenvolvido nestes espaços, porém houve muita

variedade de respostas no que diz respeito ao trabalho desenvolvido. No que tange a este ponto, foi feito um agrupamento em três categorias de respostas:

Que dizem respeito ao trabalho na universidade – que relacionam aspectos de pesquisa, de gestão ou de ensino.

Que cita alguma área da ciência – nos casos em que os estudantes descreveram algum trabalho que pudesse ser associado a alguma das grandes áreas da ciência.

Que associam uma finalidade social – para os casos em que os estudantes apontaram o papel do cientista como aquele que trabalha para melhorar a humanidade ou a sociedade.

Quadro 29 – Comparação das instituições citadas entre as escolas

	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Total
Visitaram	42	39	27	108
Não visitaram	25	14	14	53
Citaram a Unesp (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho)	4	9	3	16
Citaram o CIECC (Centro integrado de Educação Ciência e Cultura)	2	8	0	10
Unirp (Universidade de Rio Preto)	5	3	1	9
Unilago (Universidade dos Grandes Lagos)	1	4	1	6
Unip (Universidade Paulista)	2	3	0	5
Ufscar (Universidade Federal de São Carlos)	0	4	0	4
USP (Universidade de São Paulo)	0	2	0	2
Museu de Ciência em SP	1	0	0	1
UEL (Universidade Estadual de Londrina)	0	1	0	1
Laboratório da escola	1	0	0	1
Conhecerem professor?				
Sim	12	11	3	26
Não	13	12	16	41
Não comentaram esse aspecto	31	30	22	83
O que eles fazem?				
Não comentaram esse aspecto	24	16	11	51
Afirmam desconhecer	2	2	4	8
Que dizem respeito ao trabalho na universidade				
Desenvolvem a ciência/Fazem pesquisa	17	21	15	53
Realizam experimentos	7	6	7	20
Testam teorias	4	3	5	12
Inventam coisas/criam produtos	3	6	1	10

Estudam/se especializam	4	2	2	8
Trabalham	2	0	3	5
Lecionam	4	1	0	5
Tentam entender o mundo/ o porquê das coisas	0	2	0	2
Pesquisa por estudantes/ Iniciação científica	1	0	1	2
Administram o local de trabalho	1	0	0	1
Que cita alguma área da ciência				
Citam a área da física	0	0	0	0
Citam a área da biologia	1	5	0	6
Citam a área da química	0	3	1	4
Citam a área de matemática	1	0	0	1
Que associam uma finalidade social				
Buscam melhorar nossa vida/a humanidade	6	2	0	8

Fonte: elaborado pelo autor

4. 3.1.3. Terceira questão

Na terceira questão os alunos deveriam apontar se conheciam algum local onde eram desenvolvidas atividades de pesquisa científica, se diferenciando da questão anterior no fato de não questionar se os alunos haviam efetivamente visitado este local. De maneira análoga à questão anterior eles deveriam indicar o que acham que era desenvolvido lá. As respostas não foram muito diferentes da questão 2, mas apareceram novas indicações de locais, conforme apresentado nos quadros que seguem.

Quadro 30 – Instituições citadas na Escola 1

Conhecem um local?	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Sim	13	7	12	32
Unesp	10	2	9	21
CIECC	3	1	1	5
Unirp	2	1	4	7
Unip	1	1	0	2
Unorp	1	0	0	1
Famerp	0	3	0	3
Unilago	0	1	0	1
Disse não ter certeza, mas citou um local corretamente	1	1	2	4
Respondeu sim, mas não citou o local	0	2	1	3
Não/não sei/acho que não/em branco	24	21	19	64
O que é desenvolvido lá?				
Não comentou	32	26	26	84
Afirmou desconhecer	1	0	0	1
Citou área da Biologia	2	1	1	4

Citou área de alimentos	1	0	0	1
Pesquisas/estudos	2	1	1	4
Buscam melhorar nossa vida/a humanidade	1	0	0	1
Fazem experimentos	1	0	0	1
Citou a área da educação	0	1	0	1
Citou a área de química	0	1	0	1
Citou a área da saúde	0	1	1	2
Citou a área de medicina veterinária	0	0	1	1
Citou a área de física	0	0	1	1
Citou astrologia	0	0	1	1

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 31 – Instituições citadas na Escola 2

Conhecem um local?	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Sim	12	14	14	40
Unesp	7	11	14	32
CIECC	4	2	0	6
Unirp	1	0	0	1
Famerp	1	0	0	1
SENAI	1	0	0	1
Laboratório Tajara (Análises clínicas)	1	0	0	1
Disse não ter certeza, mas citou um local corretamente	0	1	0	1
Respondeu sim, mas não citou o local	1	1	0	2
Não/não sei/acho que não/em branco	8	9	10	27
O que é desenvolvido lá?				
Não comentou	13	17	13	43
Afirmou desconhecer	0	1	1	2
Citou área da Biologia	2	3	7	12
Pesquisas/Estudos	2	4	9	15
Citou a área de matemática	1	0	0	1
Citou a área da educação	0	0	0	0
Citou a área de química	0	1	1	2
Citou a área da saúde	2	0	0	2
Pesquisa feita por alunos de graduação (TCC/IC)	2	0	0	2

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 32 – Instituições citadas na Escola 3

Conhecem um local?	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Total
Sim	8	6	4	18
Unesp	4	6	1	11
CIECC	2	1	0	3
Unirp	2	0	0	2

Unip	1	0	0	1
Unorp	0	0	1	1
Unilago	0	0	1	1
Laboratório da Escola/feiras de ciências	1	0	0	1
Disse não ter certeza, mas citou um local corretamente	1	0	0	1
Respondeu sim, mas não citou o local	1	2	2	5
Não/não sei/acho que não/em branco	15	11	50	76
O que é desenvolvido lá?				
Não comentou	7	7	6	20
Citou área da Biologia	0	1	0	1
Citou a área da saúde	2	0	0	2
Citou a área de física	3	1	1	5

Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se que além de universidades, alguns alunos indicaram locais como laboratório de análises clínicas, o laboratório da escola e um museu de ciências. Observe comparação entre as escolas como ficaram os resultados. Pra tal, as mesmas categorias utilizadas na questão anterior agruparão as URs aqui representadas, visto que foi possível fazer este paralelo.

Quadro 33 – Comparação das instituições citadas entre as escolas

Conhecem local?	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Total
Sim	32	40	18	90
Unesp	21	32	11	64
CIECC	5	6	3	14
Unirp	7	1	2	10
Famerp	3	1	0	4
Unip	2	0	1	3
Unorp	1	0	1	2
Unilago	1	0	1	2
SENAI	0	1	0	1
Laboratório Tajara (Análises clínicas)	0	1	0	1
laboratório da Escola/feiras de ciências	0	0	1	1
Disse não ter certeza, mas citou um local corretamente	4	1	1	6
Respondeu sim, mas não citou o local	3	5	5	13
Não/não sei/acho que não/em branco	64	27	76	167
O que é desenvolvido lá?				
Não comentou	84	43	20	147
Afirmou desconhecer	1	2	0	3
Que dizem respeito ao trabalho na universidade				
Pesquisas/estudos	4	15	0	19
Fazem experimentos	1	0	0	1

Pesquisa feita por alunos de graduação (TCC/IC)	0	2	0	2
Citou alguma área das ciências				
Citou área da Biologia	4	12	1	17
Citou a área da saúde	2	2	2	6
Citou a área de física	1	0	5	6
Citou a área de química	1	2	0	3
Citou a área de medicina veterinária	1	0	0	1
Citou área de alimentos	1	0	0	1
Citou a área da educação	1	0	0	1
Citou astrologia	1	0	0	1
Citou a área de matemática	0	1	0	1
Que associam uma finalidade social				
Buscam melhorar nossa vida/a humanidade	1	0	0	1

Fonte: elaborado pelo autor

4. 3.1.4. Quarta questão

Na quarta questão os estudantes deveriam responder qual seu nível de conhecimento a respeito das pessoas indicadas, respeitando uma escala Likert que vai desde “Nunca ouvi falar” até “Estudei sobre ele na escola”. Na lista de pessoas indicadas haviam distribuídos de maneira aleatória cientistas brasileiros e estrangeiros de diferentes épocas. Estão apresentadas a seguir as respostas obtidas para cada uma das escolas.

Quadro 34 – Respostas par a Escola 1

Turma 1	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	2	7	15	14	0
José Leite Lopes	32	2	0	3	1
Isaac Newton	4	6	4	24	0
César Lattes	33	3	1	0	1
Peter Higgs	22	9	1	2	4
Mário Schemberg	27	6	0	0	5
Niel deGrasse Tysson	26	5	2	1	4
Landel de Moura	26	5	1	1	5
Marie Curie	24	5	3	1	5
Turma 2	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	0	4	15	12	0
José Leite Lopes	28	3	0	0	0
Isaac Newton	0	6	3	22	0
César Lattes	26	4	1	0	0
Peter Higgs	21	3	3	0	4

Mário Schemberg	23	3	1	0	4
Niel deGrasse					
Tyson	23	3	1	0	4
Landel de Moura	22	4	0	1	4
Marie Curie	22	1	3	1	4
Turma 3	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em branco
Albert Einstein	0	4	16	14	0
José Leite Lopes	31	2	0	0	1
Isaac Newton	2	6	8	18	0
César Lattes	31	2	0	0	1
Peter Higgs	18	9	1	0	6
Mário Schemberg	21	7	0	0	6
Niel deGrasse					
Tyson	18	8	2	0	6
Landel de Moura	21	7	0	0	6
Marie Curie	12	9	6	1	6

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 35 – Respostas par a Escola 2

Turma 1	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	1	0	6	14	0
José Leite Lopes	21	0	0	0	0
Isaac Newton	0	4	0	16	1
César Lattes	16	4	0	1	0
Peter Higgs	14	7	0	0	0
Mário Schemberg	18	3	0	0	0
Niel deGrasse					
Tyson	16	4	1	0	0
Landel de Moura	16	5	0	0	0
Marie Curie	13	6	1	1	0
Turma 2	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	0	0	3	20	1
José Leite Lopes	23	0	0	0	1
Isaac Newton	0	1	1	21	1
César Lattes	19	3	1	0	1
Peter Higgs	20	3	0	0	1
Mário Schemberg	22	0	0	1	1
Niel deGrasse					
Tyson	16	4	3	0	1
Landel de Moura	22	1	0	0	1
Marie Curie	14	3	3	3	1
Turma 3	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em branco
Albert Einstein	0	0	2	21	1
José Leite Lopes	21	2	1	0	0

Isaac Newton	0	1	1	22	0
César Lattes	23	0	0	0	1
Peter Higgs	18	4	0	0	2
Mário Schemberg	19	1	1	1	2
Niel deGrasse					
Tyson	16	3	3	1	1
Landel de Moura	18	2	1	1	2
Marie Curie	13	3	3	4	1

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 36 – Respostas par a Escola 3

Turma 1	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	4	6	12	4	0
José Leite Lopes	22	3	1	0	0
Isaac Newton	10	6	2	8	0
César Lattes	18	4	0	4	0
Peter Higgs	18	5	0	3	0
Mário Schemberg	25	0	1	0	0
Niel deGrasse					
Tyson	23	2	0	1	0
Landel de Moura	24	1	0	1	0
Marie Curie	16	6	3	1	0
Turma 2	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Albert Einstein	3	5	9	2	0
José Leite Lopes	19	0	0	0	0
Isaac Newton	4	5	1	8	1
César Lattes	13	1	1	4	0
Peter Higgs	13	4	1	€	0
Mário Schemberg	16	2	1	0	0
Niel deGrasse					
Tyson	15	3	1	0	0
Landel de Moura	14	3	1	1	0
Marie Curie	10	3	3	3	0
Turma 3	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em branco
Albert Einstein	9	6	22	15	4
José Leite Lopes	47	4	1	1	3
Isaac Newton	21	10	10	13	2
César Lattes	48	3	1	1	3
Peter Higgs	45	5	2	1	3
Mário Schemberg	47	3	2	0	4
Niel deGrasse					
Tyson	47	0	4	0	5
Landel de Moura	47	1	4	0	4
Marie Curie	46	3	2	2	3

Fonte: elaborado pelo autor

A seguir está o comparativo entre as escolas. Para apresentar esta relação os cientistas apontados foram divididos em duas categorias: **cientistas brasileiros** e **cientistas estrangeiros**.

Quadro 37 – Comparação das respostas entre as escolas

Escola 1	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Cientistas brasileiros					
César Lattes	90	9	2	0	2
Landel de Moura	69	16	1	2	15
José Leite Lopes	91	7	0	3	2
Mário Schemberg	71	16	1	0	15
Total	321	48	4	5	34
Cientistas estrangeiros					
Albert Einstein	2	15	46	40	0
Isaac Newton	6	18	15	64	0
Peter Higgs	61	21	5	2	14
Niel deGrasse Tysson	67	16	5	1	14
Marie Curie	58	15	12	3	15
Total	194	85	83	110	43
Escola 2	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Cientistas brasileiros					
César Lattes	58	7	1	1	2
Landel de Moura	56	8	1	1	3
José Leite Lopes	65	2	1	0	1
Mário Schemberg	59	4	1	2	3
Total	238	21	4	4	9
Cientistas estrangeiros					
Albert Einstein	1	0	11	55	2
Isaac Newton	0	6	2	59	2
Peter Higgs	52	14	0	0	3
Niel deGrasse Tysson	48	11	7	1	2
Marie Curie	40	12	7	8	2
Total	141	43	27	123	11
Escola 3	Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em branco
Cientistas brasileiros					
César Lattes	79	8	2	9	3
Landel de Moura	85	5	5	2	4
José Leite Lopes	88	7	2	1	3
Mário	88	5	4	0	4

Schemberg					
Total	340	25	13	12	14
Cientistas estrangeiros					
Albert Einstein	16	17	43	21	4
Isaac Newton	35	21	13	29	3
Peter Higgs	76	14	3	5	3
Niel deGrasse					
Tyson	85	5	5	1	5
Marie Curie	72	12	8	6	3
Total	284	69	72	62	18

Fonte: elaborado pelo autor

4. 3.1.5. Quinta questão

Esta questão foi colocada neste questionário para verificar o contato que os alunos têm com a física brasileira pelos meios de comunicação. A questão é abrangente e enfatiza que se trata de física **brasileira**, porém houve muitas citações a referências estrangeiras, como apresentado no quadro a seguir. Apesar disso, houveram mais menções a cientistas estrangeiros do que brasileiros. Sendo assim, as respostas foram classificadas em duas grandes categorias, sendo elas:

Responderam com uma referência estrangeira: nos casos em que foram apontados cientistas ou programas/reportagens (e afins) estrangeiros.

Responderam com uma referência brasileira: nos casos em que foram apontados cientistas ou programas/reportagens (e afins) a respeito da ciência nacional.

Além disso, foram contabilizadas separadamente as respostas em branco, os que responderam apenas “Não”, os que responderam apenas “sim” e as respostas que não puderam ser identificadas.

No caso desta questão em particular quase não houve repetição entre as respostas dos alunos para referências brasileiras, sendo assim, será apresentado apenas o quadro com a comparação entre as escolas.

Quadro 38 – Comparação entre as escolas para a resposta da questão 5

	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Total
Em branco	17	3	27	47
Responderam “Não”	70	50	55	175
Responderam “Sim” sem explicitar uma referência	5	2	5	12
Houve resposta, mas não foi possível	1	0	3	4

identificar se sim ou não

Responderam com uma referência estrangeira	7	4	7	18
Citaram o físico Albert Einstein	4	1	5	10
Citaram o físico Isaac Newton	3	2	2	7
Citaram a série Cosmos	1	0	0	1
Citaram o físico Michael Faraday	0	1	0	1
Responderam com uma referência nacional	4	10	5	19
Reportagens sobre cortes de verba/ falta de investimento/ dificuldades da ciência nacional	2	2	0	4
Citou o físico César Lattes	0	0	2	2
Reportagens sobre ideias inovadoras na tv ou internet	0	1	0	1
Reportagem sobre uma premiação internacional de um cientista brasileiro	0	1	0	1
Reportagem sobre o um campeonato de robótica disputado nos EUA	0	1	0	1
Citou o Podcast do divulgador Caio Gomes	1	0	0	1
Maria Vitória Valoto (estudante que desenvolveu um tipo de pílula)	0	1	0	1
Apenas citou ser "Sobre o espaço"	0	1	0	1
Apenas citou o termo "Pesquisas"	0	1	0	1
Reportagem sobre o clima da Amazônia na qual falava um cientista de São Paulo	0	1	0	1
Feira de ciências	0	0	1	1
Cura doenças com alimentos	0	0	1	1
Reportagem sobre um motor movido à água	1	0	0	1
Pesquisa sobre câncer e AIDS	0	0	1	1
Respondeu que sim, mas afirma não se lembrar	0	1	0	1

Fonte: elaborado pelo autor

4.3.2. Buscando elementos de análise nos enunciados dos alunos

Na sessão anterior foram apresentados quadros com uma categorização das respostas dos estudantes. Estes quadros dão um panorama geral a respeito dos termos mais recorrentes, que foram registrados dentro das URs e classificados dentro de determinadas categorias (todas determinadas à *posteriori*) respeitando os processos da Análise de Conteúdo de abordagem temática (conforme discutido no capítulo da metodologia).

Houve todo tipo de resposta, algumas já esperadas e algumas bastante surpreendentes. Para elucidar melhor os discursos produzidos pelos estudantes será necessário trazer mais elementos, portanto serão discutidas aqui as informações apresentadas anteriormente, trazendo novos elementos a partir dos textos produzidos pelos alunos. Para facilitar será seguida a ordem que foram apresentadas as questões.

Na primeira questão os estudantes apontaram nomes de cientistas que conheciam. Apareceu uma grande diversidade de nomes, incluindo nomes de personalidades que não estão necessariamente ligadas à ciência. Alguns cientistas que estavam presentes na questão quatro do questionário também foram citados, com especial destaque à Albert Einstein e Isaac Newton, que foram, de longe, os nomes mais recorrentes em todas as turmas, nas três escolas. Além de serem dois dos primeiros nomes que aparecem na quarta questão são, de fato, personalidades amplamente conhecidas em todo o mundo.

Outros nomes recorrentes foram Stephen Hawking, Charles Darwin, Galileu Galilei, Borh e Rutherford, respectivamente. Hawking é um cientista da atualidade bastante conhecido por seus livros de divulgação, e principalmente, por sua morte recente, mas este episódio foi posterior à aplicação dos questionários. Darwin, Galileu, Bohr e Rutherford são alguns dos cientistas mais recorrentes nos livros didáticos de ciências, desta forma sua presença nas respostas dos estudantes não é surpreendente. Da mesma maneira, vemos os nomes que se seguem com menos recorrência, sendo muitos de cientistas conhecidos e presentes nos materiais didáticos e de divulgação.

Dentre os brasileiros, César Lattes, e Santos Dumont aparecem como os mais citados, porém com apenas cinco citações cada, dentro do total das três escolas. São seguidos de Leite Lopes e Landell de Moura, com três citações cada. Azis abSaber e Mário Schemberg tiveram uma citação cada um. De todos os nomes de cientistas brasileiros que aparecem, apenas Santos Dumont e Azis abSaber não estavam escritos na questão quatro do questionário, ou seja, pode-se afirmar que, de certeza, não foram nomes copiados da quarta questão, e os alunos provavelmente conheciam estas personalidades. Azis abSaber foi um geólogo importante no Brasil, e apesar de não ser muito conhecido é patrono de um espaço no Centro Integrado de Educação Ciência e

Cultura, o planetário de São José do Rio Preto. É possível que o estudante que o citou o conheça de lá.

Além de cientistas, houve um número significativo de filósofos citados. Nomes como Pitágoras, Sócrates e Arquimedes são comuns nas aulas de ciências e filosofia, por outro lado, nomes como Freud e Karl Marx figuraram entre os citados e não são personalidades comumente associadas à seara científica.

Outros nomes interessantes que surgiram foram de figuras da internet, conhecidas por fazer divulgação científica, como Atila Iamarino, que apresenta o canal *Nerdologia* no *Youtube*. Este canal faz a divulgação de temas científicos, os relacionando com a temática *nerd* e *geek*, com o mundo de personagens da ficção científica e dos super-heróis. Outros nomes foram Caio Gomes, que apresenta o canal *O Físico Turista* no *Youtube*. André Souza, por sua vez, é PhD em psicologia e professor na Universidade do Alabama, nos Estados Unidos. Conhecido por sua história de superação, deu algumas entrevistas, por meio das quais um dos estudantes deve tê-lo conhecido.

Além de todas estas categorias de pessoas, surgiram também alguns nomes que não puderam ser identificados ou que não se relacionam com a ciência, como por exemplo o escritor inglês Shakespeare, o presidente estadunidense Lincoln e nomes vagos como Murphy e João Paulo. Um estudante citou “Dr. Simonsen”, que é um pediatra que atende nesta cidade.

Este amplo espectro de possibilidades dentre os nomes citados pode revelar uma má compreensão da figura do cientista. Não saber diferenciar um escritor, um filósofo, e um médico de um cientista pode ser um sintoma de que os estudantes não compreendem qual o real trabalho de um cientista. Contudo, pode ser uma evidência de um anacronismo nem sempre explícito que ocorre nos materiais didáticos e ambientes educacionais. As ciências modernas tal como as conhecemos hoje, só foram formalizadas nos últimos séculos. Newton não era físico em seu tempo, era *Filósofo Natural*. Arquimedes não era um cientista, era um filósofo, mas o *princípio de Arquimedes* e as *três leis de Newton* são ensinados como física atualmente. Associa-se saberes das ciências modernas à figuras que viveram antes deste período, mas não há o mesmo cuidado em diferenciar o contexto histórico do *fazer ciência* em diferentes épocas. Este fato pode induzir uma visão incorreta de ciência e de

cientista nos alunos. A implicação para a física brasileira é que pode incorrer num distanciamento dos físicos brasileiros, pois cria uma imagem incompatível com a realidade, o que pode ser um empecílio ao tentar estabelecer uma conexão destes cientistas da atualidade com os estudantes.

Este raciocínio vai ao encontro do que foi discutido em relação aos professores, que afirmavam desconhecer cientistas brasileiros mesmo estando diante de um naquele exato momento em que respondiam o questionário.

Na segunda questão, os estudantes deveriam apontar se já visitaram alguma universidade ou centro de pesquisa. Estes ambientes podem ser visitados por inúmeros motivos, as universidades públicas, por exemplo, costumam receber excursões de escolas.

Do total de alunos, 58 (21%) afirmaram não ter visitado, 108 (39%) afirmaram ter visitado, 109 (39%) responderam a questão apenas com a palavra “não” e 3 (1%) deixaram em branco. O percentual dos alunos que afirmaram ter visitado é baixo, porém considerável. Mas esta informação por si só nada indica a respeito da qualidade da visita ou se houve algum impacto na maneira como estes estudantes vêem o trabalho destas instituições e das pessoas que as compõe.

Então, primeiramente, fazendo uma análise das instituições citadas é possível observar de imediato que há instituições que não produzem pesquisa científica, e nem são universidades, dentre as Unidades de Registro. Uma das mais citadas é o CIECC (Complexo Integrado de Educação Ciência e Cultura), um espaço de divulgação científica que conta com dois observatórios e um planetário, além de outros espaços com experimentos de física, química biologia e uma sala de linguagens. Os dez alunos que citaram este espaço provavelmente não podem diferenciar uma atividade de divulgação científica ou uma atividade didática de uma atividade verdadeiramente científica. Pode-se afirmar o mesmo a respeito dos que citaram o laboratório da escola e o museu de ciências de São Paulo.

O local mais citado foi a UNESP, mesmo assim apenas 16 estudantes dentre os 278 que responderam afirmaram ter visitado esta universidade. De fato a UNESP de São José do Rio Preto recebe alunos das redes municipal e estadual com frequência. Os demais ambientes citados foram universidades particulares de São José do Rio Preto e duas universidades federais.

No que diz respeito ao fato de terem ou não conhecido um professor ou pesquisador no local visitado, apenas 26 afirmaram ter tido contato com o pessoal, enquanto que 41 afirmaram que não e 83 não comentaram este aspecto em suas respostas. Já no que diz respeito à visão que estes estudantes ficaram do trabalho das pessoas nestas instituições, houve uma grande gama de respostas. O assunto mais comum nas respostas foi associando o trabalho com pesquisa, desenvolvimento da ciência ou de teorias, descoberta de *coisas novas*, que são aspectos presentes no trabalho científico. Podemos observar nos excertos a seguir:

“**Pesquisam e desenvolvem** partes da ciência” (A1T1E1)²

“Nunca visitei nenhum centro de pesquisa, apenas faculdades, mas acho que eles **testam suas teorias**” (A8T1E1)

“Realizam **experimentos** em laboratórios e desenvolvem suas teorias” (A9T1E1)

“Imagino que eles fazem **estudos e experimentos**” (A11T1E1)

“Visitei a Unesp, porém, não onde os pesquisadores trabalham, provavelmente **teses e pesquisas afim de provar algo** do seu ponto de vista” (A7T2E1)

“Acho que eles trabalham para **a sabedoria maior da ciência**” (A9T2E1)

“**Pesquisas e estudos** sobre todo tipo de coisas que envolvem a ciência” (A3T3E1)

“Meu primo é cientista. Pesquisas para alguma **descoberta**” (A6T2E2)

“Eles estudam e pesquisam para **descobrir coisas novas**” (A1T2E2)

“Eu acho que eles ficam buscando dados, pesquisando, provando teses, experimentações, coletando amostras, **debateando, discutindo** e pensando muito.” (A32T3E1)

Além destes aspectos, apareceram alguns outros que também foram classificados dentro da categoria **Que dizem respeito ao trabalho na Universidade**, como por exemplo lecionar, se especializar, administrar o ambiente de trabalho e orientar trabalhos de iniciação científica, como vemos nos destaques a seguir.

“Eles fazem várias coisas, **eles lêem um monte de coisa**” (A14T3E1)

² Utilizarei a denominação E acompanhada do número para diferenciar as escolas, A para os alunos e T para as turmas. A título de exemplo: A1T1E1 é o aluno 1 da turma 1 da escola 1.

“Eles **estudam** sobre determinado assunto e se **especializam** nele”
(A31T3E1)

“Acredito que **dêem aulas**” (A16T1E1)

“Eles **administram** estes lugares **dando aula** para os alunos”
(A19T2E1)

“Eles adquirem conhecimento e **passam para os alunos**, para que tenham uma boa formação” (A9T3E1)

“Dão **aula** e fazem **pesquisa**” (A12T3E2)

“**Pesquisas realizadas pelos estudantes** (universitários) para que possam se desenvolver em sua área” (A4T1E1)

“Eu conheci os professores da UNESP, lá eles fazem **iniciação científica** com os alunos” (A9T2E3)

Outro ponto recorrente foi o desenvolvimento de produtos.

“Eles **fazem pesquisas para surgir as coisas que usamos**, como remédios, coisas estética, como shampoo, maquiagem, etc.”

“Eu fazia PIBIC Jr na Unesp de Rio Preto, então tinha bastante contato com o pessoal dessa área. Eles fazem muitas coisas, utilizam máquinas específicas para os estudos e na UNIRP também, onde **criam produtos químicos**” (A2T3E1)

Houve aqueles que apontaram aspectos relacionados à alguma das grandes áreas das ciências. Estes foram inclusos numa categoria separada, **Que cita uma área da ciência**. Confira nos destaques abaixo.

“**Fazem experimentos**, estudam o **corpo humano, animal e de plantas**” (A10T1E1)

“Acho que mechem com **genética, DNA**, porções” (A16T1E2)

“Pesquisam sobre sistemas, **gráficos, estatísticas**” (A21T2E1)

“Visitei várias universidades como Unesp, Uel, UNIP, UNIRP, UNILAGO UFSCAR, etc. Os que conheci trabalhavam com **cárgados**”
(A3T2E2)

“**Experiências** com químicas” (A25T3E3)

Por fim, algumas respostas apontaram outro aspecto do trabalho do cientistas: o aspecto social. Estes estudantes associaram o trabalho do cientista com o desenvolvimento da humanidade e a melhoria do mundo.

“Fui em visitas a universidades com a escola. Centros de pesquisa não conheço, mas acredito que **desenvolvam projetos para melhorar a vida**” (A28T1E1)

“Provavelmente tentam **inventar** coisas para **melhorar o mundo** e entende-lo também” (A2T2E1)

“Eles fazem pesquisas, estudam teorias para tentar **ajudar a população**” (A7T3E1)

“O **mundo melhoram**” (A8T3E1)

“Eles fazem pesquisa para **ajudar a humanidade**” (A12T3E1)

“Pesquisam fórmulas e geitos para **evolução mundial**” (A8T2E2)

Tivemos também casos em que os estudantes apontaram algum ambiente que não era acadêmico, como no caso abaixo, no qual se entende o estudante acredita que no planetário faz um trabalho genuinamente científico. O que de certa forma pode indicar uma dificuldade em diferenciar um experimento didático de um experimento científico.

“**Planetário**, descobre moléculas, fazem produtos químicos” (A21T2E2)

Em suma, a segunda questão nos dá um panorama da forma como os estudantes vêem o trabalho de quem integra as instituições que conheceram (ou que poderiam conhecer). Associaram o trabalho destes profissionais com aspectos da pesquisa, gestão, discussão de idéias, aperfeiçoamento e formação, retorno social, criação de produtos, etc. Apesar de quando olhamos para o montante das respostas vemos que a maioria não respondeu a pergunta, os que responderam apontaram muitos aspectos que realmente fazem parte do fazer científico.

A terceira questão é bastante parecida com a segunda, e as respostas também não passaram longe. Nesta questão os estudantes deveriam apontar se tem conhecimento de instituições de pesquisa ou universidades na sua cidade ou região, mesmo que não conhecem estes locais pessoalmente. Além disso era questionado o que era feito nestes locais.

Vemos que aparecerem os mesmos locais citados anteriormente, porém novos locais foram citados, como por exemplo o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e também um laboratório de análises clínicas. Estes dois espaços não são ambientes acadêmicos, mas assim como aconteceu na questão anterior alguns alunos podem não ter feito essa dissociação.

As categorias nas quais as respostas foram separadas são as mesmas: **que dizem respeito ao trabalho na universidade, citou alguma área da ciência, e que associam uma finalidade social**. Porém apareceram Unidades de Registro diferentes para compô-las. Nas falas dos alunos aparece o seguinte.

- “Conheço a Unesp, que faz estudos com **cágados**” (A3T2E2)
- “Acredito que no IBILCE, pesquisas relacionadas à **biologia, química**” (A6T3E2)
- “Unirp, **remédios** sei lá” (A25T1E3)
- “IBILCE, (**Biologia** celular/ **Biologia** animal)” (A1T1E1)
- “Na Unesp, **testam alimentos** e fazem também pesquisas **biológicas**” (A8T1E1)
- “Sei que na Unesp e na Unirp fazem bastante pesquisas envolvendo a **educação**, sobre a natureza (**taxinomia**), etc.” (A7T2E1)
- “A faculdade Famerp. Acredito que eles devam desenvolver **remédios e vacinas.**” (A25T2E1)
- “Acho que a UNESP, como a **cura de doenças** e etc. Eles trabalham lá para conseguirem progredir nesse quisito.” (A2T3E1)
- “A Unirp. Desenvolvem pesquisas nas áreas da **medicina veterinária**” (A31T3E1)
- “Unirp, **remédios** sei lá” (A25T1E3)

Nos excertos destacados acima é possível observar momentos em que são apontadas as diferentes instituições e os diferentes segmentos de pesquisa que os estudantes afirmam ser desenvolvidos nestes ambientes. Nestes casos as associações foram feitas corretamente, já nos casos abaixo se vê situações nas quais foram citadas instituições que não fazem pesquisa científica, reforçando dados anteriores a respeito de uma não diferenciação entre atividades científica e atividades didáticas. Um dos estudantes ainda citou um laboratório de análises clínicas, descrevendo processos que provavelmente compreendeu como científicos.

- “**Tajara.** Amostras de sangue, urina, fezes; detectar o que à no sangue de bom ou ruim” (A16T1E2)
- “Na minha cidade tem o **observatório astronômico**” (A3T1E1)
- “**CIECC**, todos os tipos de pesquisas” (A12T1E1)
- “O CIECC, desenvolvendo pesquisas **astrológicas**” (A3T3E1)
- “Acredito que o **centro de ciência e cultura** desenvolva pesquisas, e a **UNESP**” (A1T1E2)
- “CIECC, ibilce; centro de pesquisas, onde há **animais** para serem estudados e estudar sobre a **matemática**” (A14T1E2)
- “O **planetário** de Rio Preto, estudam sobre constelações a Lua, outros planetas” (A19T1E3)
- “**Laboratório das escolas** onde estudei, e algumas **feiras de química**” (A1T1E3)

Teve também dois casos em que os alunos apontaram aspectos relacionados ao trabalho de orientação que os docentes nas universidades fazem com os estudantes de graduação, o que demonstra certo conhecimento sobre este aspecto do ambiente acadêmico.

“As faculdades, pesquisa para ajudar **o TCC dos alunos**” (A7T1E2)

“Famerp, alunos dos cursos de **medicina**, realizam pesquisas, através da **iniciação científica**” (A12T1E2)

Houve ainda quem associou a produção científica com a melhoria da humanidade.

“Pesquisas para **melhoria da população** futuramente” (A9T1E1)

Além dos casos em que os estudantes deram respostas afirmativas, houve casos em que declararam não ter certeza sobre uma instituição ou sobre o que é desenvolvido.

“Sei, porém **não lembro onde**, sei muito pouco.” (A6T3E1)

“Se não me engano, na UNIRP faz pesquisa científica” (A15T3E1)

“A UNESP, **não sei** o que eles fazem lá” (A1T2E2)

“Sim, mas **não sei explicar** onde é” (A1T2E3)

“Sei que dentro da UNESP são realizadas algumas pesquisas, porém **não sei ao certo o que é desenvolvido lá**” (A13T1E1)

Na quarta questão os estudantes deveriam indicar numa escala Likert qual o conhecimento que possuíam a respeito de oito cientistas. Destes, metade eram brasileiros e metade estrangeiros. No quadro abaixo são apresentados os percentuais médios de citação dos cientistas em cada uma das alternativas do questionário. Estes valores foram obtidos fazendo o percentual de cada alternativa dentro do total de respostas entre brasileiros ou estrangeiros.

Quadro 39 – Frequência percentual de resposta para cientistas estrangeiros e brasileiros entre escolas

		Nunca ouvi falar	Conhece pelo nome	Conhece pela mídia	Estudou na escola	Em Branco
Escola 1	Brasileiros	84,3%	12,6%	1,0%	1,3%	0,8%
	Estrangeiros	37,7%	16,5%	16,1%	21,4%	8,3%
Escola 2	Brasileiros	86,2%	7,6%	1,4%	1,4%	3,3%
	Estrangeiros	40,9%	12,5%	7,8%	35,7%	3,2%
Escola 3	Brasileiros	84,2%	6,2%	3,2%	3,0%	3,5%
	Estrangeiros	56,2%	13,7%	14,3%	12,3%	3,6%

Fonte: elaborado pelo autor

Pelo quadro acima é possível ver que comparando entre as três escolas, o percentual médio de alunos que afirma nunca ter ouvido falar dos cientistas brasileiros se situa entre 84,2% e 86,2%, enquanto que o mesmo dado para os estrangeiros fica entre 37,7% e 56,2%.

Se for comparada a recorrência deste mesmo dado entre brasileiros e estrangeiros em uma mesma escola, o que se observa é que na Escola 1 os alunos *nunca ouviram falar* dos brasileiros 46,6% mais vezes do que dos estrangeiros. Já na Escola 2 a diferença percentual é de 45,3% e na Escola 3 é de 28%.

Já no que diz respeito ao fato de terem estudado sobre estes cientistas na escola, na Escola 1, 21,4% estudou sobre os estrangeiros, enquanto que apenas 1,3% estudou sobre os brasileiros (um percentual quase nulo). Para as outras duas escolas os percentuais são de 35,7% contra 1,4% e 12,3% contra 3% respectivamente.

Nas alternativas *conheço apenas pelo nome* ou *conheço pela mídia/internet*, os percentuais para brasileiros ficaram entre 6,2% e 12,6% no primeiro caso e entre 1% e 3,2% no segundo caso. Já para os estrangeiros estes percentuais ficam entre 6,2% e 16,5% no primeiro caso e 7,8% e 16,1% no segundo.

Os dados apresentados acima evidenciam uma discrepância considerável entre o contato que os estudantes têm com os físicos brasileiros e estrangeiros. Este quadro é similar ao dos professores, dos quais, 40% afirmaram nunca ter ouvido falar dos cientistas brasileiros, contra apenas 22% dos estrangeiros. Por outro lado, o percentual de professores que afirmou ter estudado sobre os brasileiros é de 17%, apesar de não representar nem um quinto do total já é significativamente maior que os 3% dos alunos. Vendo por este lado, se ao menos estes 17% que estudaram sobre estes cientistas os citassem nas aulas os percentuais para os alunos poderiam ser mais otimistas. Apesar disso, não se pode esperar que os professores o façam sem que este conteúdo ser contemplado no currículo.

A quinta questão era voltada para a divulgação e a mídia. Apesar da questão tratar especificamente da ciência brasileira, alguns alunos responderam com referências estrangeiras, como vemos nos casos abaixo

“Sim, estudei sobre Isaac Newton onde possui em física a 1º lei de Newton e a 2º lei de Newton” (A11T3E1)

“Já assisti a série “Cosmos”. Fala sobre cientistas renomados e sobre grandes descobertas do nosso universo. (super recomendo)” (A9T2E1)

Além destes, houve casos em que a pergunta foi respondida de maneira afirmativa, porém quem respondeu não deixou claro do que se tratava.

“Sim, mas não me lembro qual era” (A6T3E1)

“Sim, assisti um documentário na TV falando sobre a vida do cientista, o que ele já fez, entre outras coisas” (A28T2E1)

“Tv, não lembro o cientista” (A32T1E1)

“Sim, assisti uma aula sobre física moderna aqui na minha escola” (A31T3E1)

Além destes, alguns se queixaram de nunca terem assistido nada sobre este tema, ou afirmaram que gostariam de aprender a respeito da física brasileira.

“Nunca visitei ou vi sobre cientistas brasileiros. Posso até ter visto mas como o governo brasileiro não investe em cientistas não gravei.” (A4T1E1)

“Não, mas ainda vou ter a oportunidade!” (A1T3E1)

“Infelizmente não tive nenhum contato c/ nenhum artigo produzido por brasileiros. Mas tenho contato direto com um Prof. Dr. De biologia que pesquisa anfíbios.” (A1T1E1)

“Não. Não há disponibilização e orientação de professores para esses fins” (A9T1E1)

“Não, não acho que o Brasil tenha tanta importância na ciência, não é algo valorizado e reconhecido aqui” (A3T2E2)

“Não lembro, mas acho que não conheço nenhum cientista brasileiro” (A7T1E3)

“Nunca ouvi falar sobre a física brasileira e muito menos cientistas brasileiros **(na realidade nem sabia que tinha cientistas brasileiros)**” (A10T1E2)

“Não, geralmente os noticiários **só relatam sobre cientistas estrangeiros** principalmente estadunidenses.” (A12T1E2)

“Nunca vi algo sobre a Física brasileira, **sempre foi algo relacionado à físicos internacionais**, o que demonstra que cientistas brasileiros **não são bem reconhecidos** pelos brasileiros” (A6T3E2)

Na mesma linha de raciocínio do último texto do excerto acima, alguns estudantes apontaram que o contato que tiveram com esta temática foi de maneira negativa, associado aos problemas que os cientistas enfrentam aqui.

“Sim, sobre as pesquisas que são feitas, pesquisas essas que perderam o apoio econômico do governo e muitas estão paradas e outras nem foram começadas, causando então um atraso ao nosso país, que não é muito desenvolvido por si só.” (A7T1E1)

“Não assisti sobre um cientista, mas sobre toda a comunidade científica brasileira e as dificuldades que eles passam. Eu vi em um canal do Youtube” (A1T2E2)

Alguns comentários foram a respeito de feitos de cientistas brasileiros, ou premeações internacionais, e outras situações diversas.

“Sim. Em entrevistas na internet e na TV além de podcasts. O cientista Caio Gomes” (A31T2E1)

“Sim, motor movido à água” (A25T1E1)³

“Algumas reportagens, competições e ideias inovadoras que aparecem na televisão ou em notícias da internet” (A1T1E2)

“Sim, estudo sobre o clima da Floresta Amazônica, se comunicavam com outro cientista de São Paulo para o estudo” (A13T3E2)

“Sim, o cientista César Lattes, questões sobre ele” (A14T1E3)

“Sim, estudos na escola. Questões sobre César Lattes” (A15T1E3)

“Sim, um cientista havia estudado a forma mais rápida de curar doenças com alimentos”

“Já li notícias de cientistas brasileiros que com suas pesquisas estão ajudando com o cancer e a AIDS” (A7T2E3)

“Um dia assisti uma reportagem que um brasileiro ganhou um premio no Estados Unidos, na parte de robótica mas não me recordo o nome” (A13T1E2)

“Sim, uma amiga minha (Maria Vitória Valoto) que desenvolveu uma pílula”. (A15T2E2)

Observa-se poucos casos pontuais de reportagens, notícias ou conteúdo da internet que os alunos tiveram acesso. Nada consistente ou formativo. Por outro lado, o fato de alguns se queixarem de não saber nada sobre o tema revela que existe interesse pelo tema.

No capítulo que segue será apresentada uma proposta didática baseada nestes resultados, nas discussões apresentadas até aqui, este capítulo não é

³ Vale lembrar que este caso foi um *HOAX*, o dito motor funcionaria centenas de quilômetros com um único litro de água, porém, trata-se de uma mentira que foi noticiada na mídia.

necessariamente parte dos resultados, mas um possível encaminhamento que esta pesquisa pode gerar.

CAPÍTULO 5 – UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DO DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NO BRASIL NO ENSINO MÉDIO

Considerando as justificativas, conteúdos, possíveis abordagens (apresentados no capítulo 2), bem como resultados apresentados no capítulo 4, está apresentada a seguir uma proposta de Unidade Didática Multiestratégica (UDM) para o Ensino do Desenvolvimento da Física Brasileira no Ensino Médio. Esta proposta combina materiais e atividades sugeridas nos livros didáticos com as lacunas diagnosticadas pelos questionários tanto dos professores como dos alunos. Para dar corpo e tornar material esta UDM, tomamou-se como referência os pressupostos apresentados por Bego (2016).

Uma UDM consiste em um projeto de ensino que integra, de modo organizado e sequenciado, um conjunto de estratégias didáticas, de acordo com objetivos de aprendizagem previamente definidos e delimitados (SILVA, MARQUES, BEGO; 2015). A composição de projetos estruturados de ensino e aprendizagem, de acordo com a perspectiva que assumimos, baseia-se na concepção de que não é apenas uma única atividade que promove a aprendizagem, mas sim um processo estruturado de forma fundamentada e crítica (p.57)

Bego (2016) explica que para a sistematização de uma UDM é preciso um total de seis etapas, sendo estas: “*Contexto da intervenção didático-pedagógica; Análise científico-epistemológica; Análise didático-pedagógica; Abordagem metodológica; Seleção de objetivos e estratégias de avaliação; Seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação*” (ibid., p.59)

O contexto da intervenção diz respeito à escola na qual ela será implementada; a fim de exemplificar, será tomada como parâmetro a Escola 2. Neste capítulo serão desenvolvidos os demais pontos, buscando articular os conteúdos apresentados no capítulo 2 com o Currículo do Estado de São Paulo, dentro das justificativas apresentadas anteriormente no referido capítulo, pautado na legislação atual e nos referenciais da História de Filosofia da Ciência e sob o olhar da ciência como cultura, referenciadas da literatura.

A UDM apoiar-se-á nas justificativas, conteúdos, competências e habilidades apresentadas neste capítulo e será composta de 6 atividades didáticas. O tempo de execução de cada atividade pode variar e cada uma delas deve atender alguns dos objetivos didáticos, de forma que em sua totalidade englobe todos os pontos levantados.

A Unidade Didática completa encontra-se no Apêndice 1, e nela estão discriminadas cada uma das atividades sugeridas, e associadas a estas, os conteúdos a serem desenvolvidos, as habilidades e aprendizagens associadas, bem como as orientações para o professor.

Todas as atividades deverão induzir aos estudantes uma visão do desenvolvimento histórico da física do Brasil, para que conheçam os desafios atualmente vivenciados pelos cientistas, relacionem a ciência com outras esferas sociais e, espera-se, que valorizem a ciência de seu país, tendo uma narrativa diferente daquela tradicionalmente vinculada nos livros didáticos.

5.1. Conteúdos, Competências e Habilidades

Buscando tornar a proposta de ensino condizente com a atividade escolar, buscamos na legislação mais recente, no caso, na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)⁴ e no Currículo do Estado de São Paulo, as competências e habilidades relacionadas com as atividades que devem ser desenvolvidas. Estas serão listadas e ajudarão na elaboração das atividades didáticas, trazendo um direcionamento nos objetivos de cada atividade pedagógica.

A UDM terá, além de uma introdução histórica, um enfoque nos conteúdos de física de partículas e radiações. O motivo pelo qual estes conteúdos foram escolhidos é o de que a maior quantidade de material disponível para se trabalhar a ciência brasileira está dentro destes conteúdos. Na BNCC consta:

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para **fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas**, bem como **fazer uso criterioso de diversas tecnologias**. O desenvolvimento dessas práticas e a **interação com as demais áreas do conhecimento** favorecem discussões sobre as **implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas** de temas relacionados às Ciências da Natureza. No Ensino Médio, a área deve, portanto, se comprometer, assim como as demais, com a **formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade**, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm

⁴ No momento da redação desta dissertação a BNCC estava em processo de discussão e aprovação, porém as competências e habilidades para o Ensino Médio já estavam consolidadas e disponíveis publicamente.

condições para aprofundar o **exercício do pensamento crítico**, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema. (BRASIL, 2018, p. 537, grifo nosso)

O excerto acima deixa evidente o caráter social do conhecimento, o qual será privilegiado na proposta deste trabalho. O documento apresenta três *competências específicas*, e associa a cada uma delas uma série de *habilidades*. Elencamos no quadro 40 as três competências, mas limitaremos a apresentação das habilidades que serão efetivamente contempladas em nossa proposta.

Ao contrário da BNCC, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo apresenta conteúdos a serem desenvolvidos em cada bimestre, e as habilidades associadas a eles. Para os dois últimos bimestres do terceiro ano os conteúdos sugeridos são de Física das Radiações e Física de Partículas, respectivamente, como pode ser observado no quadro 41, o qual apresenta os conteúdos e habilidades que serão contempladas no módulo.

A seguir, apresentamos o desenvolvimento de cada uma das etapas da UDM, nas quais estarão elencados estes conteúdos, competências e habilidades.

Quadro 40 – Competências e respectivas habilidades contempladas na UDM

Código	Competência Detalhamento	Habilidades associadas Código - Detalhamento
1	<p>Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global</p>	<p>EM13CNT101 - Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p> <p>EM13CNT103 - Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica</p>
2	<p>Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis</p>	<p>EM13CNT205 - Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências</p>
3	<p>Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)</p>	<p>EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica</p> <p>EM13CNT302 - Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural</p> <p>EM13CNT303 - Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações</p> <p>EM13CNT304 - Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista</p> <p>EM13CNT305 - Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.</p> <p>EM13CNT309 - Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais</p>

Fonte: Adaptado de Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio.

Quadro 41 – Conteúdos gerais, conteúdos específicos e habilidades presentes na Proposta Curricular do Estado de São Paulo contempladas na UDM

Bimestre	Conteúdos gerais	Conteúdos específicos	Habilidades
3º	Matéria e radiação	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria, propriedades e constituição 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e estimar ordens de grandeza de espaço em escala subatômica, nelas situando fenômenos conhecidos • Explicar características macroscópicas observáveis e propriedades dos materiais, com base em modelos atômicos • Explicar a absorção e a emissão de radiação pela matéria, recorrendo ao modelo de quantização da energia • Reconhecer a evolução dos conceitos que levaram à idealização do modelo quântico para o átomo • Interpretar a estrutura, as propriedades e as transformações dos materiais com base em modelos quânticos • Identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização por meio das tecnologias a elas associadas (rádio, radar, forno de micro-ondas, raios X, tomografia, laser etc.) • Reconhecer a presença da radioatividade no mundo natural e em sistemas tecnológicos, discriminando características e efeitos • Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina
		<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de átomos e moléculas para explicar características macroscópicas mensuráveis • Os modelos atômicos de Rutherford e Bohr 	
4º	Átomos e radiações	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleos estáveis e instáveis, radiatividade natural e induzida • A intensidade da energia no núcleo e seus usos médico, industrial, energético e bélico • Radiatividade, radiação ionizante, efeitos biológicos e radioproteção 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar diferentes processos de geração de energia nuclear (fusão e fissão), reconhecendo-os em fenômenos naturais e em sistemas tecnológicos • Caracterizar o funcionamento de uma usina nuclear, argumentando sobre seus possíveis riscos e as vantagens de sua utilização em diferentes situações • Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo • Avaliar e debater efeitos biológicos e ambientais da radiatividade e das radiações ionizantes, assim como medidas de proteção
		<ul style="list-style-type: none"> • Evolução dos modelos para a constituição da matéria – dos átomos da Grécia Clássica aos quarks • A diversidade das partículas subatômicas, elementares ou não. • A detecção e a identificação das partículas • A natureza e a intensidade das forças nas transformações das partículas 	
	Partículas elementares		<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer os principais modelos explicativos dos fundamentos da matéria ao longo da história, dos átomos da Grécia Clássica aos quarks • Identificar a existência e a diversidade das partículas subatômicas • Reconhecer e caracterizar processos de identificação e detecção de partículas subatômicas • Reconhecer, na história da ciência, relações entre a evolução dos modelos explicativos da matéria e da pesquisa com aspectos sociais, políticos e econômicos • Reconhecer a natureza das interações e a relação massa-energia nos processos nucleares e nas transformações de partículas subatômicas

Fonte: Adaptado de Currículo do Estado de São Paulo.

5.2. Análise Científico - Epistemológica

Diante do que foi apresentado até aqui, foi estruturada a análise científico-epistemológica, que conforme Bego (2016) “deve estruturar os conteúdos a serem trabalhados, levando o professor à reflexão e atualização sobre eles” (p.59).

Dividimos os conteúdos em duas partes, sendo que a primeira diz respeito a aspectos da física brasileira e a segunda aos conteúdos do Currículo do Estado de São Paulo. Os conteúdos de física brasileira foram inspirados pelas respostas dos alunos aos questionários, apresentadas e discutidas no capítulo de resultados, bem como nas discussões apresentadas no capítulo 2. Para que sejam trabalhados estes conteúdos há uma lista de pré-requisitos. Estes são conhecimentos prévios que os estudantes devem manifestar. O quadro 42 sintetiza estas informações.

Quadro 42 – Conteúdos gerais, conteúdos específicos e habilidades presentes na Proposta Curricular do Estado de São Paulo contempladas na UDM

Bimestre	Conteúdos gerais	Pré-requisito
Conteúdos da física brasileira	C1 - O desenvolvimento histórico da ciência nacional C2 - Os principais cientistas e instituições de pesquisa que foram responsáveis por projetar a ciência nacional no cenário internacional C3 - As pesquisas realizadas e invenções científicas e tecnológicas que acontecem e aconteceram no Brasil, ou por meio de físicos brasileiros C4 - As relações entre política, produção do conhecimento, sociedade e história do Brasil C5 - As condições passadas, presentes e futuras para o desenvolvimento científico do país C6 - O impacto da ciência nacional nas sociedades brasileira e mundial C7 - A física em âmbito local ou regional	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimentos básicos da História do Brasil, compreendendo seus diferentes períodos
Conteúdos do Currículo do Estado de SP	C8 - Modelos de átomos e moléculas para explicar características macroscópicas mensuráveis C9 - Os modelos atômicos de Rutherford e Bohr Átomos e radiações C10 - Núcleos estáveis e instáveis, radiatividade natural e induzida C11 - A intensidade da energia no núcleo e seus usos médico, industrial, energético e bélico C12 - Radiatividade, radiação ionizante, efeitos biológicos e radioproteção C13 - Evolução dos modelos para a constituição da matéria – dos átomos da Grécia Clássica aos quarks C14 - A diversidade das partículas subatômicas, elementares ou não C15 - A detecção e a identificação das partículas C16 - A natureza e a intensidade das forças nas transformações das partículas	<ul style="list-style-type: none"> • Carga elétrica, • Força e repulsão eletromagnética • Partículas que compõe o átomo (prótons, nêutrons e elétrons).

Fonte: elaborado pelo autor

5.3. Análise Didático-pedagógica

Para a realização desta etapa, é preciso ter em mente que:

[...] Análise didático-pedagógica é dividida em duas partes: o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema da UDM e as exigências cognitivas dos conteúdos abordados, relacionados aos obstáculos epistemológicos acerca da temática. Blanco e Pérez (1993) destacam que o reconhecimento das concepções prévias dos estudantes é essencial não apenas para reconhecer os erros, mas para valorizá-los e utilizá-los em benefício da aprendizagem, no sentido de antecipação de várias possíveis dificuldades dos estudantes e de proposição de estratégias que permitam superá-las. (BEGO, 2016, p.62)

Na UDM elencaremos possíveis concepções alternativas a cerca da Física das Radiações, para os conteúdos do Currículo do Estado de SP, e de natureza da ciência para os conteúdos de física brasileira, uma vez que estes poderão influenciar a maneira como os estudantes perceberão o tema.

Quadro 43 – Concepções envolvidas na UDM

Temáticas	Concepções
Natureza da Ciência	A ciência é individual e masculina Cientistas são pessoas excêntricas, gênios A ciência é predominantemente experimental, não considerando aspectos teóricos do fazer científico (KOSMINSK; GIORDAN, 2002)
Física das Radiações	Materiais podem emitir radiação sem modificar sua estrutura A emissão de radiação é constante no tempo Toda radiação é nociva para a vida (GUTIÉRRES et al., 2000) A radiação é utilizada somente para fins maléficose Associação da radioatividade apenas como contaminação por radiação (JUNIOR et al., 2017) A radiação é sempre artificial Seres humanos podem suportar determinadas doses de raios-x sem sofrer nenhum dano (PLOTZ; HOPF, 2016)

Fonte: elaborado pelo autor

5.4. Abordagem Metodológica

Segundo Bego (2016), na Abordagem Metodológica:

[...] o docente deve explicitar os princípios metodológicos que orientarão a definição dos objetivos de aprendizagem, o planejamento das estratégias didáticas e de avaliação. De acordo com Blanco e Pérez (1993), essa fundamentação metodológica diz respeito aos papéis desempenhados pelo professor e pelos alunos nos processos de ensino e aprendizagem, ou seja, está relacionada à

própria concepção de ensino e aprendizagem do docente e também à sua concepção de natureza da ciência. A definição dos princípios teórico-metodológicos é responsável por conferir unicidade à UDM mediante a integração das diversas estratégias didáticas. (p.62)

Para esta UDM pautar-nos-emos na História e Filosofia da Ciência. Conforme anteriormente discutido no capítulo 2, esta abordagem permite repensar a maneira como se faz a ciência e como é seu funcionamento. Deste ponto de vista, a física brasileira permite introduzir uma narrativa diferente daquela tradicionalmente veiculada nos livros didáticos a cerca dos mesmos conteúdos, representando assim uma quebra de paradigma que pode levar os alunos a pensar sobre o fazer científico.

Esta perspectiva se alinha com uma proposta de cidadão crítico e participante, e com uma perspectiva da ciência como construção humana e social, como defendido em Zanetic (2005).

Em termos metodológicos isso implica na relação que os alunos terão com os conceitos trabalhados que devem ser tratados a partir da perspectiva histórica em que foram desenvolvidos.

Mais ainda, sugerimos que a relação professor-aluno seja horizontal e dialógica, e os estudantes estejam livres para questionar quando acharem necessário, bem como manifestarem opinião sobre o que estiver sendo discutido, estimulando a emissão de opinião crítica e refletida a cerca das discussões levantadas.

Nos instrumentos de avaliação poderá solicitar que os estudantes se posicionem frente à temas científicos que tenham implicação direta ou indireta na sociedade.

5.5. Seleção de Objetivos e Estratégias de Avaliação

Bego (2016) esclarece que:

A seleção de objetivos e estratégias de avaliação se inicia com as orientações curriculares oficiais sobre o tema a ser abordado, uma vez que o professor deve se pautar nas orientações e legislações curriculares para que seu planejamento venha a convergir com os objetivos do ensino escolar de maneira geral. Com efeito, levando em consideração as orientações curriculares oficiais, o contexto da unidade escolar, a fundamentação na abordagem metodológica (seção anterior), os objetivos de aprendizagem devem ser explicitados nesta seção. Primeiramente, os estudantes fixam um objetivo de aprendizagem geral da UDM e, em seguida, para a consecução desse objetivo geral, estabelecem objetivos específicos para cada sequência didática (SD). Em função desses objetivos, devem ser definidas as estratégias de avaliação que permitam diagnosticar as aprendizagens almejadas e fundamentar possíveis reestruturações da UDM durante o transcorrer da intervenção. (p. 63)

No que diz respeito à legislação, descrevemos no início deste capítulo os conteúdos, competências e habilidades referenciadas nos documentos oficiais, buscando articulá-las com os conteúdos da física brasileira.

Em termos de objetivos, buscamos, com essas aulas, apresentar a física brasileira ao estudante do Ensino Médio, sob uma perspectiva crítica da ciência, contemplando aspectos sociais e políticos e suas influências no desenvolvimento científico, pautados numa perspectiva histórica. No capítulo 2 apresentamos três argumentos a favor do ensino deste tema, de maneira sumária: a) é necessário para a cidadania; b) é parte da cultura brasileira; c) permite discutir aspectos da natureza da ciência.

Esperamos não só que os alunos aprendam quem foram os físicos de nosso país, mas também compreendam a ciência como um processo construído pela humanidade, e que continua em desenvolvimento ainda hoje. É preciso ter em mente que história não é só passado, assim como a ciência não é só aquela dos livros didáticos. Há história e ciência sendo desenvolvida hoje, seja nos grandes centros de pesquisa internacionais (e nacionais) ou no laboratório de uma universidade no interior dos estados brasileiros.

Entender estes processos e conhecer a ciência de seu próprio país é um pré-requisito para pensar numa formação científica cidadã, uma vez que a ciência depende diretamente de resultados políticos e de financiamento público. Frente ao momento atual pelo qual o Brasil passa, no qual há cortes nunca antes vistos no orçamento da ciência, é preciso conscientizar o estudante sobre os impactos deste tipo de medida, para que este se posicione criticamente.

É preciso desmistificar a figura do cientista como o gênio excêntrico de jaleco e cabelos arrepiados e mostrar que os cientistas são pessoas comuns, trabalhadores assalariados, funcionários públicos e professores. É preciso que os estudantes entendam a importância do desenvolvimento científico para a soberania tecnológica e econômica de uma nação, e que estejam conscientes do desenvolvimento científico de seu país, de seu estado e até mesmo de sua cidade ou região.

No quadro 44 estão sintetizados os objetivos de cada uma das atividades didáticas, bem como as habilidades associadas e suas respectivas avaliações.

Quadro 44 – Objetivos das atividades didáticas da UDM				
Código da Atividade	Objetivos	Código dos conteúdos	Habilidades associadas	Avaliação
AD1	Introduzir o desenvolvimento da física brasileira numa perspectiva histórica	C1, C2, C3, C4, C5, C6	EM13CNT205 EM13CNT301 EM13CNT302	Questões abertas
AD2	Apresentar aos estudantes os modelos	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9,	EM13CNT101 EM13CNT103	Questões abertas

	atômicos e discutir a estabilidade atômica, citando a participação de César Lattes na descoberta do méson-pi	C10, C11, C13, C14, C15, C16, C17, C18	EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT305 EM13CNT309	
AD3	Apresentar aos estudantes os diferentes tipos de decaimentos radioativos, o funcionamento das usinas nucleares e os diferentes usos da energia nuclear. Apresentar aos estudantes o físico José Leite Lopes	C1, C2, C4, C5, C8, C10, C11, C12	EM13CNT101 EM13CNT103 EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT305 EM13CNT309	Vídeo-gravação dos discursos, questões avaliadoras
AD4	Apresentar o cenário da ciência durante o período da ditadura militar, bem como as implicações políticas no desenvolvimento científico	C1, C2, C4, C5, C6	EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT305	Texto em forma de redação
AD5	Apresentar um panorama da ciência nacional atual	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7	EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT305 EM13CNT309	Questões avaliadoras
AD6	Apresentar um físico brasileiro aos estudantes	C3, C4, C5, C6, C7	EM13CNT302 EM13CNT304	Redação

Fonte: elaborado pelo autor

6.6. Seleção de Estratégias Didáticas e Instrumentos de Avaliação

No que diz respeito a seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação, Bego (2016) aponta que:

Seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação consiste no detalhamento das estratégias, das atividades, dos recursos didáticos, dos materiais de aprendizagem e dos instrumentos de avaliação. Blanco e Pérez (1993) destacam que a sequência das atividades está também diretamente relacionada à perspectiva de ensino e aprendizagem e de concepção da natureza da ciência do docente. Isso porque uma mesma atividade, se realizada no início ou ao final de uma SD, pode refletir diferentes objetivos de aprendizagem. (p. 65)

Selecionar os recursos didáticos para elaborar esta proposta foi outro desafio, o que ressalta a relevância e urgência deste trabalho

. Há muito pouco material didático disponível, o que tornou escassas as possibilidades. Quando elaboramos uma proposta deste tipo, é preciso ter em mente que está sendo elaborada antes mesmo de ser selecionada a turma na qual ela será implementada.

De toda forma, neste contexto, o professor-pesquisador que for implementar a proposta talvez não tenha vínculos fortes com os alunos em questão, o que cria empecilhos na escolha de recursos que otimizem o trabalho em sala de aula. Desta

maneira, seria mais adequado apostar numa abordagem plural, com a utilização de diferentes recursos, buscando envolver da melhor maneira possível os diferentes perfis de alunos, considerando a pluralidade dos sujeitos.

A respeito disso, Laburú, Arruda e Nardi (2003) defendem uma abordagem plural e apontam os estudos de Kempa e Martin-Diaz os quais:

[...] chegam a dividir em quatro padrões de motivação a preferência dos estudantes pelos modos de instrução da ciência. São eles: 1) os executores, 2) os curiosos, 3) os cumpridores de tarefas, 4) os sociais. Estes últimos são os que mostram maior afinidade por atividades em grupo, enquanto os penúltimos preferem um ensino didático convencional, com experimentos sustentados por instruções. Os segundos acham melhor aprender a partir de livros, por descoberta, e fazer mais atividades práticas. Por final, no caso dos executores, não há identificação de qualquer das preferências anteriores, parecendo que qualquer estilo lhes é indiferente. (p. 250)

Neste sentido, elaborar uma proposta de ensino apoiada num único recurso didático poderia limitar a participação de uma parte da sala que não tem afinidade por um determinado recurso didático ou abordagem, ou seja, nas palavras dos autores, “é questionável uma ação educacional baseada num único estilo didático, que só daria conta das necessidades de um tipo particular de aluno ou alunos e não de outros” (ibid., p. 251).

Assim, nossa proposta didática procurou contemplar aulas expositivas, atividades em grupo, atividades experimentais, debates, produções escritas, jogos, vídeos, textos de divulgação científica, notícias, dentre outros. No quadro 45 consta uma síntese das estratégias didáticas que foram utilizadas na UDM.

A íntegra da UDM está no Apêndice 1, o qual trás de maneira mais detalhada todos os instrumentos, textos e questões que serão utilizadas, bem como sugestões de condução das aulas. Porém, é sempre válido lembrar que o professor deve estar preparado para lidar com imprevistos e fazer replanificações de acordo com o andamento de cada atividade. Após a aplicação é necessário rever as discrepâncias entre o que se pretendia realizar e o que efetivamente foi feito em sala de aula.

Quadro 45 – Síntese das estratégias didáticas utilizadas na UDM

Código da Atividade	Estratégia Didática	Objetivo	Código do conteúdo	Organização da atividade	Recursos didáticos	Instrumentos de avaliação
AD1	Aula expositiva	Introduzir o desenvolvimento da física brasileira numa perspectiva histórica	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Exposição seguida de questões	Exposição de slides	Questões abertas
AD2	Exposição e experimento	Apresentar aos estudantes os modelos atômicos e discutir a estabilidade atômica, citando a participação de César Lattes na descoberta do méson-pi	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C13, C14, C15, C16, C17, C18	Exposição dialogada seguida de experimento e questões de avaliação	Lousa e giz, vídeo, aparato experimental	Questões abertas
AD3	Leitura e exposição	Apresentar aos estudantes os diferentes tipos de decaimentos radioativos, o funcionamento das usinas nucleares e os diferentes usos da energia nuclear. Apresentar aos estudantes o físico José Leite Lopes.	C1, C2, C4, C5, C8, C10, C11, C12	Leitura de uma entrevista seguida de uma discussão e uma exposição	Texto, exposição de slides	Vídeo-gravação das discussões, questões avaliadoras
AD4	Leitura e Jogo didático	Apresentar o cenário da ciência durante o período da ditadura militar, bem como as implicações políticas no desenvolvimento científico	C1, C2, C4, C5, C6	Leitura e jogo didático	Texto de divulgação científica, jogo, e vídeo	Texto em forma de redação
AD5	Leitura de notícias de jornal	Apresentar um panorama da ciência nacional atual	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7	Leitura de notícias de jornal e discussão	Notícias de jornal	Questões avaliadoras
AD6	Entrevista	Apresentar um físico brasileiro aos estudantes	C3, C4, C5, C6, C7	Conversa com o cientista	Questões prévias	Redação

Fonte: elaborado pelo autor

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da trajetória de escrita deste texto muitas alterações significativas foram necessárias. Iniciando pelo capítulo 1, que abordou um pouco da história da física brasileira, passando pelo capítulo 2 que levantou aspectos a respeito do que ensinar, como ensinar e por que ensinar a física brasileira, até a definição dos objetivos e questões de pesquisa. A ideia era estudar como inserir a física brasileira na educação básica, uma vez que esta é uma lacuna importante que não pode ser negligenciada. Mas transformar ideias em questões de pesquisa, objetivos e ações concretas requer uma maturidade e experiência de pesquisa. O que foi apresentado neste texto foi uma estruturação de um estudo inicial e explanatório, que teve como resultados a percepção deste tema por três esferas: os autores dos livros didáticos do PNL D, os professores de física e os alunos que finalizam o Ensino Médio. Com estes resultados, somados a uma explanação teórica a respeito das possibilidades de se trabalhar com o tema, foi produzida uma proposta didática, maneira que o autor deste trabalho e seu orientador encontraram de objetivar todas as searas envolvidas na pesquisa em algo concreto e passível de ser realizado.

Para direcionar as ações tomadas foram levantadas algumas questões de pesquisa, com objetivo de investigar as possibilidades e delimitações para o ensino da física produzida no Brasil em aulas do Ensino Médio. A primeira diz respeito à presença da física brasileira nos livros didáticos. Nesta primeira etapa foi possível observar que os autores das coleções didáticas ainda apresentam os físicos brasileiros e instituições de pesquisa brasileiras de maneira muito discreta, vaga e coadjuvante. Conforme apresentado no capítulo 4 não houve mais que 17 citações a físicos e cientistas brasileiros historicamente conhecidos, mesmo considerando todas as coleções em cada edição do PNL D. Sob um ponto de vista otimista, é esperado que ao comparar de uma edição para outra do programa, a presença dos brasileiros aumentasse, porém isso não ocorreu.

Já no que diz respeito às instituições de pesquisa, a quantidade de citações é maior, em números absolutos, do que dos cientistas em si. Porém estas citações tiveram ainda menos protagonismo que no caso anterior, sendo perfeitamente dispensáveis para o texto da coleção, uma vez que em quase todos os casos estavam destacadas em boxes como uma curiosidade ou algo complementar e totalmente secundário.

Em relação a outras citações, aparece um número grande de cientistas que falam em reportagens ou são citados como autores de algum texto na coleção. Por um lado,

estes casos ainda mais pontuais, contam para a presença da física brasileira no material, por outro lado são muito breves e passam quase despercebidas. De toda forma, esta varredura nas coleções didáticas ajudou a levantar material para ajudar a sustentar a proposta didática apresentada, bem como direcionar os nomes de cientistas apresentados nos questionários utilizados nas etapas seguintes.

Na segunda etapa foi investigado qual o nível de conhecimento os professores que ensinam física têm a respeito da física nacional, bem como a importância que atribuem ao ensino desta temática. De maneira geral, os professores pouco conhecem destes cientistas, e apresentaram um problema de reconhecer tais instituições como legitimamente científicas, uma vez que mesmo dentro da UNESP respondendo o questionário alguns não puderam apontar aquela universidade e nem o professor que os falava como participantes da ciência.

Por outro lado, foi quase unânime que o assunto é relevante e que deveria ser ensinado tanto na formação inicial dos professores quanto na educação básica. Este resultado traz um otimismo, pois demonstra o interesse destes sujeitos em aprender mais sobre o tema.

A terceira etapa foi investigar o nível de conhecimento dos estudantes a cerca da física brasileira, e qual sua percepção sobre o tema. O resultado não foi muito diferente dos professores. Os alunos não conhecem os cientistas nem as instituições de pesquisa de seu país, nem de sua cidade ou região. Na verdade, apresentaram uma visão muito limitada do que é ser cientista, e não souberam diferenciar atividades didáticas de divulgação científica de experimentos verdadeiramente científicos.

Por outro lado, fazendo um paralelo com as respostas dos professores, também houve críticas à falta de investimentos e muitos estudantes manifestaram interesse em aprender mais sobre o tema, o que evidencia abertura para tratar do assunto em sala de aula.

Com todo o aparato teórico e os resultados obtidos foi elaborada uma unidade didática que condensa numa sequência lógica e estruturada uma possibilidade de se trabalhar com o tema. Esta proposta não foi aplicada por falta de tempo hábil, mas fica reservada para trabalhos futuros.

O trabalho evidenciou que é possível, e deveria ser necessário e urgente, educar as próximas gerações a respeito da ciência de seu próprio país. Esta dissertação lança luz sobre este tema esquecido na literatura, e inaugura uma discussão que deve se estender em muito e ser amplamente debatida. Pesquisadores diferentes, com outras experiências e formações, podem trazer contribuições valiosas, levar esta ideia para outras áreas da

ciência e fazer florescer a racionalidade sobre a realidade do Brasil no cenário científico e educacional mundial, quebrar paradigmas e superar a cultura colonialista que o Brasil tem por uma verdadeiramente nacionalista. Já está na hora da população perceber a importância da ciência, da soberania tecnológica e intelectual, de parar com o exôdo de cientistas e com um colonialismo travestido de nacionalismo. É hora dos Brasileiros pararem de bater continência à bandeiras estrangeiras e construir sua história dentro da ciência, exportar tecnologia e não o que temos de mais valioso: nossos cientistas.

REFERENCIAS

- AFONSO, G. B.; NADAL, C. A. Arqueoastronomia no Brasil. In: Oscar T. Matsuura. (Org.). História da Astronomia no Brasil (2013). 1ed. Recife, PE: CEPE, 2014, v. 1, p. 50-85.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; SOUZA, S. C.; OLIVEIRA, O. B. Leitura e escrita em aulas de ciências: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2008.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos da Ciência e da Escola: Ideologia e Leituras Possíveis. Campinas: Mercado de Letras, 2004.
- BEGO, A. A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de química. Textos FCC, São Paulo, v. 50, p. 1-148, nov. 2016
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da educação, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Base Nacional Comum Curricular: ensino médio. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf>, acessado em 02 de novembro de 2018.
- CARVALHO, A. M. P.; GONÇALVES, M. E. R.. Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. Cadernos de Pesquisa, n° 111, p. 71-94, dezembro/2000.
- CAVALCANTE, B. R.; CALIXTO, P.; PINHEIRO, M. M. K. ANÁLISE DE CONTEÚDO: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.24, n.1, p. 13-18, jan./abr. 2014
- CHAER, G.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E. A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. Evidência, Araxá, v. 7, n. 7, p. 251-266, 2011.
- CORREIA, N. A história da física na educação brasileira, UNICAMP, 2003.
- FERNANDES, S. A.; FILGUEIRA, V. Por que ensinar e por que estudar física? O que pensam os futuros professores e os estudantes do ensino médio?. XVIII Simpósio

Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas da Pesquisa Social. 5.ed. São Paulo/SP/BRA: Atlas, 1999.

GUTIÉRREZ, E. E.; CAPUANO, V. C.; PERROTTA, M. T.; DE LA FUENTE, A. M.; FOLLARI, B. R. ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?. Enseñanza de las ciencias, 2000, 18 (2), 247-254.

FRANCO, M. L. P. B. Análise de conteúdo. Brasília, 2º ed. Liber Livro editora, 2005

HAMBURGUER, A. I. Uma história da Física no Brasil/ José Leite Lopes. 1º ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

História das ciências no Brasil. Mário Guimarães Ferri, Shozo Motoyama (org.) – São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1979.

KINOSHITA, D. L. Mário Schenberg: o cientista e o político. Brasília: Fundação Astrojildo Pereira, 2014.

JUNIOR, A. J.; PACHECO, E. A.; ADORNI, D. S.; ALEXANDRINO, D. M.; PASSOS, C. R. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre radioatividade. X congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Sevilla, 2017.

KOSMINSK, L.; GIORDAN, M., As visões de ciência e sobre cientista entre estudantes do ensino médio. Química nova na escola, nº 15, maio de 2002.

LABURÚ, C. E.; SILVA, D.; CARVALHO, A. M. P.. Analisando uma situação de aula de termologia com o auxílio do vídeo. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, nº. 1, Março, 2000.

LABURU, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003

LANGHI, R.; NARDI, R.. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.31, n.4, pp.4402-4412. 2009.

LATTES, C. Descobrimos a estrutura do universo/ Entrevistado por Jesus de Paula Assis. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

MOURA, B. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan - jun 2014.

MORAES, A. A astronomia no Brasil. AZEVEDO, Fernando. (org). As ciências no Brasil.

1.ed. Rio de Janeiro: Edições Melhoramentos, 1955.

OLIVEIRA, A. Schenberg: Crítica e criação. 1º ed, Ensaios de cultura - Vol. 45, EDUSP: São Paulo, 2011

PLOTZ, P.; HOPF, M. Student's misconceptions about invisible radiation. Disponível em <<https://bit.ly/2CFcKbV>>, acessado em 10 de setembro de 2018.

PORLÁN, R.; MARTPIN, J. El diario del professor: um recurso para la investigación en el aula. 4.ed. Sevilla/ESP: Díada Editora, 1997.

RIBEIRO, J. A física no Brasil. AZEVEDO, Fernando. (org). As ciências no Brasil. 1.ed. Rio de Janeiro: Edições Melhoramentos, 1955.

RODRIGUES, C. Inserção da Teoria da Relatividade no ensino médio. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed., São Paulo, 2012.

SBF, R. SBF – 50 anos. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf>, acessado em 21/10/2016.

TAVARES, H. D. O centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e o Instituto de Física Teórica sob a ótica militar. Historia y problemas del siglo XX. Ano 6, vol. 6, 2015.

TAVARES, H. Cientistas de farda: a presença de militares professores no CBPF. Ciência e Sociedade, CBPF, v.2, nº 2, 2014.

TRINDADE, D. F.; TRINDADE, L. S. P. . Os Pioneiros da Ciência Brasileira: Bartholomeu de Gusmão, José Bonifácio, Landell de Moura e D. Pedro II. Sinergia (CEFETSP), São Paulo - SP, v. 04, n.2, p. 163-169, 2003.

USP 70 anos: Imagens de uma história de vida. Shozo Motoyama (org.) – São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2006.

VIEIRA, C. VIDEIRA, A. Reflexões sobre História e Historiografia da Física no Brasil. 1ºed. Coleções CBPF, Livraria da Física: São Paulo, 2010.

ZABALZA, M. A. Diários de aula. Tradução de José Augusto Pacheco. Porto/POR: Porto Editora, 2004.

ZANETIC, João. Física e Cultura. Ciencia e Cultura, vol.57, nº.3, São Paulo, Jul/Set 2005.

APÊNCIDE 1. UNIDADE DIDÁTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

UNIDADE DIDÁTICA**Planejamento Didático-Pedagógico****Assunto Geral**

O desenvolvimento da física brasileira

Tópico/Tema:

As contribuições dos cientistas brasileiros no desenvolvimento da física nuclear e de partículas a partir da década de 1930.

Nº de Aulas Previstas

12 HORAS-AULA

Aluno responsável

Willian Henrique da Silva Pereira

Docente Responsável

Pr. Dr. Leandro Londero da Silva

São José do Rio Preto /SP – Julho/2018

UNIDADE DIDÁTICA PARA ATIVIDADE DE PESQUISA DE MESTRADO

PLANEJAMENTO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO

O papel da física brasileira no desenvolvimento da física nuclear

Este conjunto de aulas tem por objetivo apresentar a ciência e os cientistas brasileiros, do passado e do presente, aos estudantes do Ensino Médio por meio de um recorte nos conteúdos de física de partículas e radiações, apresentando uma narrativa a cerca destes conteúdos cujo protagonismo está com os brasileiros.

Buscamos com essas aulas apresentar a física brasileira ao estudante do Ensino Médio, sob uma perspectiva crítica da ciência, contemplando aspectos sociais e políticos e suas influências no desenvolvimento científico, pautados numa perspectiva histórica.

Esperamos não só que os alunos aprendam quem foram os grandes físicos de seu país, mas também compreendam a ciência como um processo construído pela humanidade, e que continua em desenvolvimento ainda hoje. É preciso ter em mente que história não é só passado, assim como a ciência não é só aquela dos livros didáticos: há história e ciência sendo desenvolvida hoje, seja nos grandes centros de pesquisa internacionais (e nacionais), seja num laboratório de uma Universidade no interior dos estados brasileiros.

É preciso desmistificar a figura do cientista como o gênio excêntrico de jaleco e cabelos arrepiados e mostrar que os cientistas são pessoas comuns, trabalhadores assalariados, funcionários públicos e professores. É preciso que os estudantes entendam a importância do desenvolvimento científico para a soberania tecnológica e econômica de uma nação, e que estejam conscientes do desenvolvimento científico de seu país, de seu estado e até mesmo de sua cidade ou região.

Entender estes processos e conhecer a ciência de seu próprio país é um pré-requisito para pensar numa formação científica cidadã, uma vez que a ciência depende diretamente de resultados políticos e de financiamento público. Frente ao momento atual pelo qual o Brasil passa, ocorrendo cortes nunca antes vistos no orçamento da ciência, é preciso conscientizar o estudante sobre os impactos deste tipo de medida, para que este se posicione criticamente.

ASSUNTO GERAL

O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA BRASILEIRA

TÓPICO/TEMA PRINCIPAL

As contribuições dos cientistas brasileiros no desenvolvimento da física nuclear e de partículas a partir da década de 1930.

NÚMERO DE AULAS PREVISTAS

12 HORAS-AULA

LISTA DE CONTEÚDOS A SEREM CONTEMPLADOS

Relacionados à física brasileira

- C1 - O desenvolvimento histórico da ciência nacional;
- C2 - Os principais cientistas e instituições de pesquisa que foram responsáveis por projetar a ciência nacional no cenário internacional;
- C3 - As descobertas e invenções científicas e tecnológicas que acontecem e aconteceram no Brasil, ou por meio de físicos brasileiros;
- C4 - As relações entre política, produção do conhecimento, sociedade e história do Brasil;
- C5 - As condições passadas, presentes e futuras para o desenvolvimento científico do país;
- C6 - O impacto da ciência nacional nas sociedades brasileira e mundial;
- C7 - A física à nível local ou regional;

Conteúdos oriundos da Proposta Curricular do Estado de São Paulo

Matéria e radiação Matéria, propriedades e constituição

- C8 - Modelos de átomos e moléculas para explicar características macroscópicas mensuráveis
- C9 - Os modelos atômicos de Rutherford e Bohr
- Átomos e radiações
- C10 - Núcleos estáveis e instáveis, radiatividade natural e induzida
- C11 - A intensidade da energia no núcleo e seus usos médico, industrial, energético e bélico
- C12 - Radiatividade, radiação ionizante, efeitos biológicos e radioproteção

Matéria e radiação Partículas elementares

- C13 - Evolução dos modelos para a constituição da matéria – dos átomos da Grécia Clássica aos quarks

C14 - A diversidade das partículas subatômicas, elementares ou não

C15 - A detecção e a identificação das partículas

C16 - A natureza e a intensidade das forças nas transformações das partículas

HABILIDADES (BNCC)

(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

ATIVIDADES DIDÁTICAS

1ª e 2ª AULA

AD01 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM EXPOSIÇÃO DO PROFESSOR

A física do período pré-colonial até a república

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C1, C2, C3, C4, C5, C6
- Habilidades associada a esta AD: -----

3ª e 4ª AULAS

AD02 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM EXPOSIÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO

Estrutura da matéria: Modelos Atômicos, Forças Fundamentais e Natureza das Radiações

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9, C10, C11, C13, C14, C15, C16, C17, C18
- Habilidades associada a esta AD: EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302.

5ª e 6ª AULAS

AD03 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM DISCUSSÃO E EXPOSIÇÃO DO PROFESSOR

Energia nuclear e as unisas nucleares do Brasil

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C1, C2, C4, C5, C8, C10, C11, C12
- Habilidades associada a esta AD: EM13CNT101, EM13CNT103, EM13CNT303, EM13CNT304, EM13CNT305, EM13CNT309.

7ª e 8ª AULA

AD04 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM LEITURA DE TEXTO DE DIVULGAÇÃO

A física brasileira e o Regime Militar

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C1, C2, C4, C5, C6
- Habilidades associada a esta AD: EM13CNT303, EM13CNT304, EM13CNT305

9ª e 10ª AULAS

AD05 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM LEITURA DE NOTÍCIAS):

Desmonte da ciência nacional e o cenário atual da ciência brasileira

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7
- Habilidades associada a esta AD: EM13CNT303, EM13CNT304, EM13CNT305, EM13CNT309

11ª e 12 AULAS
AD 06 – ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ENTREVISTA

Entrevista com um cientista brasileiro

- Conteúdos a serem desenvolvidos: C3, C4, C5, C6, C7
- Habilidades associada a esta AD: EM13CNT302, EM13CNT304

BIBLIOGRAFIAS UTILIZADAS

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. Física. São Paulo: Positivo, 2013. Obra em 3 v.
 FUKE, Luiz; YAMAMOTO, Kazuhito. Física para o ensino médio. São Paulo: Saraiva, 2010. Obra em 3 v.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da educação, 2002.

BONJORNIO, Eduardo Prado; CLINTON, Casemiro. Física: eletromagnetismo, Física moderna. Vol. 3, 3ªed – São Paulo: FTD, 2016

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed., São Paulo, 2012.

Sociedade Brasileira de Física. SBF – 50 anos. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF50-anos.pdf>, acessado em 21/10/2016

SOUZA, Marilaine. Abordando os raios cósmicos no ensino médio: uma proposta de sequência de ensino. Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Fev 2017.

ATIVIDADE 1

AD01 – ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM EXPOSIÇÃO DO PROFESSOR

1) - Orientações Gerais para Trabalhos com a atividade:

1. Inicialmente o professor deve apresentar e explicar toda a dinâmica da atividade a ser desenvolvida.
2. Esta é a primeira atividade de um módulo a respeito da ciência brasileira, assim sendo inicia-se com a exposição de um desenvolvimento histórico da física nacional, iniciando no período pré-colonial. Foi preparada uma apresentação em Power Point, contemplando as informações apresentadas no capítulo 1 da dissertação, porém fica a critério do professor preparar outro material que ache mais adequado.
3. Procure manter o processo de apresentação o mais interativo e dialógico possível, para que não fique monótono. Procure envolver os estudantes e levá-los a refletir a respeito das informações apresentadas.
4. Esta atividade é melhor desenvolvida em uma aula dupla, porém, caso seja necessário, pode ser dividida em duas aulas em dias distintos.

2) - Roteiro ADQP:

- O professor deve explicar aos estudantes que estão participando de uma pesquisa, e que devem assinar o TCLE caso estejam de acordo. A seguir deve passar os questionários aos estudantes, para que respondam antes de iniciar a aplicação da exposição.

- Feito isso, a exposição segue, e o professor apresenta aos estudantes os diferentes períodos da história contemplados nesta atividade.

- Após a exposição os alunos devem responder as seguintes questões:

1 – Você tinha algum conhecimento a respeito da ciência dos indígenas? O que você achou da forma como utilizavam a astronomia?

2 – O que você acha das mudanças que ocorreram depois que Dom Pedro decretou a independência do Brasil?

3 – Como você percebeu a necessidade dos brasileiros irem para o exterior para poder estudar antes da fundação da USP? Baseado no seu conhecimento sobre a oferta de vagas nas universidades brasileiras, você acha que esse quadro se reverteu hoje?

4 – Resuma o que você entendeu da história da física do Brasil no período apresentado.

ATIVIDADE 2

AD02 – ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Assunto: Estrutura da Matéria

Orientações ao professor:

- Há um texto de apoio bastante sintético com a ordem da proposta logo após o módulo. Este texto serve para o professor se orientar mas pode também ser utilizado para a leitura dos alunos, por este motivo terá uma linguagem mais direcionada aos estudantes.
- Esta atividade será composta por uma aula teórica, e uma atividade experimental que explicarão, na sequência os seguintes conceitos: Estrutura atômica (protons, neutrons e elétrons), estabilidade do átomo (força nuclear forte).
- Essa sequência foi pensada para conduzir uma narrativa na qual serão apresentados cientistas brasileiros, portanto é preciso tomar cuidado com a ordem das atividades que serão apresentadas.
- A atividade experimental é muito sensível, e utiliza gelo seco, sendo assim e necessário extremo cuidado ao manipular os materiais, que não devem ser manipulados pelos alunos, e sim pelo professor. A atividade deve ser apenas demonstrativa por questões de segurança.
- Para executar a atividade será deixada literatura complementar indicada ao final desta atividade. Sendo assim, o professor pode elaborar sua aula com os recursos que achar mais adequado.

Roteiro da atividade:

- Primeiramente o professor deve lembrar, com os estudantes, os principais modelos atômicos ensinados na educação básica. Deve contemplar minimamente os modelos de Dalton, de Thomson e de Rutherford. Chegando no último, deve descrever sua estrutura, explicando o que são elétrons, prótons e neutrons.
- A seguir deve questionar os alunos com a seguinte indagação
“Se no núcleo temos apenas partículas positivas e neutras, e cargas com o mesmo sinal se repelem, como é possível que os prótons fiquem próximos sem se repelirem destruindo completamente o átomo?”

- O professor deve então aguardar por possíveis respostas dos estudantes, e rebater suas hipóteses. Eventualmente algum aluno pode saber a resposta correta, mas independente de alguém apontar a resposta correta ou não siga explicando que para que o átomo seja coeso é preciso que haja uma força entre as partículas no núcleo que seja atrativa, e que seja maior ou pelo menos igual, em módulo, à repulsão eletromagnética.

- A seguir, explique que na natureza existem 4 forças fundamentais: a força gravitacional, a eletromagnética, e as forças nucleares forte e fraca. Complemente dizendo que para cada força existe uma partícula que media a interação, e explique como funciona essa mediação.

- Seguindo, explique que a força que mantém o núcleo coeso é a força nuclear forte e que sua partícula mediadora é o méson-pi, descoberto pelo cientista brasileiro César Lattes.

- Então, passe o vídeo sobre a vida de César Lattes elaborado pelo SENAI, para explicar melhor aos estudantes quem foi este cientista e qual era seu trabalho.⁵

Feita a explanação inicial, segue-se o experimento. Este experimento é um detector de raios cósmicos caseiro. Não é o mesmo tipo de detecção que Lattes fazia, pois o cientista utilizava chapas fotográficas, e isso deve ser salientado durante a execução.

O roteiro do experimento se encontra nas páginas 83 e 84 da referência abaixo.

SOUZA, Marilaine. Abordando os raios cósmicos no ensino médio: uma proposta de sequência de ensino. Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Fev 2017.

Após a aplicação do experimento, as seguintes questões avaiativas devem ser respondidas individualmente pelos estudantes:

1 – Você já tinha ouvido falar de César Lattes? O que você entendeu sobre a importância dele para o Brasil?

2 – O que você achou do experimento realizado hoje? O que achou de poder ver as partículas microscópicas que nos atravessam o tempo todo?

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=FZGg13bQH0c>

Texto de apoio

Do que são feitas as coisas?

Se você é um estudante provavelmente já ouviu falar na palavra “átomo”. Átomo significa “indivisível”, mas será que é mesmo assim? Os filósofos antigos Leucipo e Demócrito já propunham que a matéria seria composta de minúsculas partículas indivisíveis. Muitos filósofos e cientistas ao longo da história tentaram explorar mais a fundo a estrutura da matéria. Muitos modelos para o que seria a unidade fundamental da matéria foram propostas, e foram evoluindo com o tempo. Há quatro modelos que são mais conhecidos.

O modelo atômico de Jhon Dalton por exemplo, se assemelha muito ao de Leucipo e Demócrito, e é conhecido como modelo da bola de bilhar. Neste modelo o átomo é indivisível. Dalton propunha por exemplo que átomos de diferentes elementos possuem diferentes propriedades, mas que todos os átomos de um mesmo elemento são exatamente iguais. Este modelo propunha também que quando mais de um átomo se combina para formar uma substância eles não sofrem alterações individualmente. Além disso, átomos não poderiam ser criados e nem destruídos.

Já no modelo atômico de Thompson o átomo não era mais visto como uma partícula indivisível, uma vez que o cientista observou que elementos inicialmente eletricamente neutros poderiam gerar raios eletricamente carregados, chamados de raios catódicos. Foi o primeiro cientista a propor que a matéria deveria ser composta de uma parte negativa e uma parte positiva. Em sua visão o átomo seria então como uma massa carregada positivamente na qual os elétrons, que seriam partículas negativas, ficariam mergulhados. Seu modelo foi apelidado de “pudim de passas”.

Um modelo mais recente é o modelo atômico de Rutherford. O cientista realizou um experimento no qual expôs uma chapa de ouro à um feixe de partículas alfa. Notou que a maioria das partículas atravessava a placa, enquanto que algumas eram defletidas. Assim concluiu que a matéria deveria ser composta por uma boa quantidade de espaço vazio, e propôs o modelo orbital. Neste modelo os elétrons ficariam ao redor do núcleo.

O modelo de Rutherford ainda tinha um problema: como poderia os elétrons estar ao redor do núcleo e não caírem sobre ele? Se temos um núcleo carregado positivamente ele deveria atrair os elétrons até que estes se chocassem com ele por conta da atração eletromagnética. Então, Niels Bhor, cientista dinamarquês, propõe que os elétrons poderiam ocupar apenas algumas camadas específicas, dependendo de sua energia.

Este modelo ficou conhecido como modelo de Rutherford-Bohr, e explicava não só todos os resultados contemplados pelos modelos anteriores como também explicava alguns processos radiotivos.

Mas o modelo de de Rutherford-Bohr ainda possuía um problema: como seria possível as partículas que estão no núcleo do átomo não se repelirem por conta da força eletromagnética entre os prótons? Responder esta questão era uma tarefa difícil. Rutherford já havia proposto a existência do Neutron, uma partícula com carga neutra e massa igual à do próton, que deveria compor o núcleo. A existência desta partícula foi comprovada em 1932 pelo físico inglês James Chadwick, que usou o princípio da conservação da quantidade de movimento para demonstrar a existência da partícula. Mas ela ainda não explicava como os átomos se mantinham coesos. Foi então que o físico japonês Hideki Yukawa propôs a existência de uma força fundamental que atuaria entre os prótons e os neutrons, a Força Forte. Esta força seria responsável por manter os núcleos coesos e só atua à distâncias muito pequenas, da ordem de 10^{-14} m (lembrando que as dimensões de um átomo são da ordem de 10^{-10} m).

Esta força, juntamente com as forças eletromagnética, gravitacional, e nuclear fraca formam o conjunto das quatro forças fundamentais do universo. Cada uma destas forças possui uma partícula mediadora, ou seja, uma partícula responsável por fazer a interação acontecer. É como uma mensageira entre as partículas. Esta partícula, no caso da força eletromagnética é o fóton, no caso da força gravitacional é o graviton (ainda não observado experimentalmente). Para a força nuclear forte seria uma partícula chamada de méson- π . Se esta partícula fosse observada num experimento ela poderia comprovar a existência da força proposta por Yukawa e isso explicaria como a matéria pode ser coesa.

A observação da partícula méson- π foi feita pelo cientista brasileiro César Lattes, em 1949, em um laboratório em Chacaltaya, há mais de 5 mil metros de altura, observando raios cósmicos, que são partículas que vem do espaço. Nesta ocasião Lattes trabalhava num grupo de pesquisa com outros dois cientistas, o britânico Cecil Powell e o italiano Giuseppe Occhialini.

ATIVIDADE 3

AD03 – ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM DEBATE E EXPOSIÇÃO

Assunto: Energia nuclear

Orientações ao professor:

- Esta atividade será composta pela leitura de uma entrevista com o físico José Leite Lopes sobre o uso da energia nuclear, e a seguir os alunos deverão se manifestar sobre o tema.
- Deixe que falem, estimule o debate saudável, seja um mediador o mais neutro possível. Não há necessidade de chegar a uma conclusão definitiva ao final, este deve ser um raciocínio que leve mais ao questionamento do que forneça uma resposta.

Roteiro da atividade:

- O professor deve iniciar explicando que a aula partirá de uma leitura, seguida de uma questão que deverá ser respondida em grupo, e depois haverá uma exposição.
- Distribua aos alunos a entrevista com o físico José Leite Lopes (que está na bibliografia de apoio). Conte a eles quem foi este físico, e faça uma breve biografia dele. Em seguida, solicite que leiam a entrevista e ao final respondam a seguinte questão:

“Você acha que a tecnologia nuclear deveria ser de domínio civil ou militar?”

Neste momento busque estimular um debate sobre as consequências dos usos dessa tecnologia em diversas esferas. Se possível escreva os prós e contras no quadro.

- Feita a discussão, siga com a exposição. O objetivo aqui é apresentar aos estudantes o funcionamento de uma usina nuclear, bem como a história e funcionamento do complexo de usinas de Angra dos Reis e os centros de pesquisa com tecnologia nuclear que temos no Brasil. Os tipos de radiação também devem entrar nesta exposição.

- Ao final da atividade os estudantes devem responder às seguintes questões:

1 – Diante do que foi exposto, se você tivesse que votar num plebiscito contra ou a favor da construção de uma usina nuclear na sua cidade, qual seria o seu voto e porquê?

2 – Se tivesse que optar entre uma usina nuclear, ou uma usina termelétrica, ou uma hidrelétrica, considerando os impactos que cada tipo de energia apresenta, a favor de qual tipo de usina se manifestaria?

3 – Qual papel você acha que os cientistas têm sobre as decisões tomadas a cerca do uso da tecnologia nuclear?

Bibliografia complementar: BONJORNO, Eduardo Prado; CLINTON, Casemiro. **Física: eletromagnetismo, Física moderna**. Vol. 3, 3ªed – São Paulo: FTD,

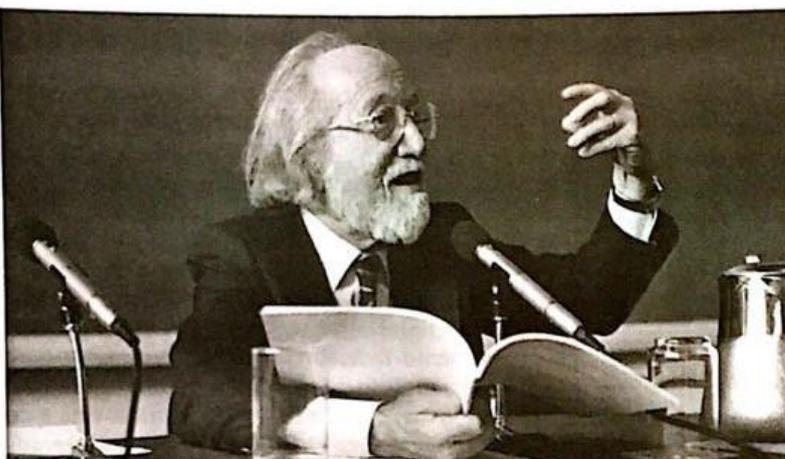
A HISTÓRIA CONTA

Entrevista com o físico José Leite Lopes

Para comemorar seu 50º aniversário, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) publicou o livro **Cientistas do Brasil: depoimentos** com entrevistas e depoimentos de pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico do nosso país.

Entre tantas pessoas importantes, como Simão Mathias, Mario Schenberg, Marcelo Damy de Souza Santos, Aziz Nacib Ab'Saber, César Lattes e Oscar Sala, destacamos a entrevista do pernambucano Prof. José Leite Lopes (1918-2006) a Ennio Candoti, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, publicada entre setembro/outubro de 1985.

Luiz Carlos Muraukas/Folhapress



Nasceu em Recife. Foi o primeiro brasileiro a conquistar no exterior o título de doutor (Ph.D.) em Física. Foi professor de Física Teórica da Faculdade Nacional de Filosofia desde 1946 e só deixou o cargo quando foi cassado pelo regime militar em 1969. Foi convidado para dar aulas na Universidade Louis Pasteur, em Estrasburgo, na França, onde permaneceu até 1986. Entre seus trabalhos está o que predisse a existência do bóson Z0 e a unificação das forças eletromagnéticas e as forças fracas.

[...]

[EC] Na mesma época em que você descobria a física, a fissão nuclear era obtida em laboratório. Você foi, portanto, um observador privilegiado da história do pecado original da ciência moderna...

[JLL] A fissão do urânio foi realizada pela primeira vez na Alemanha, em 1939. Esse ano marca o nascimento da energia nuclear. Como era véspera da guerra mundial, essas pesquisas chamaram a atenção dos físicos, porque nunca se tinha visto a possibilidade de uma liberação tão fantástica de energia. O trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto Manhattan, nos Estados Unidos, com participação de eminentes físicos europeus e norte-americanos. E deu lugar à tragédia da bomba atômica, lançada em Hiroshima e depois em Nagasaki. Em 1945, eu estava em Princeton, trabalhando com Pauli, e acompanhei tudo isso. Einstein estava lá nessa época, Jauch também. Mas não estavam trabalhando na bomba atômica.

[EC] Qual foi a reação quando a bomba foi lançada?

[JLL] Foi uma grande surpresa. O **New York Times** falava da descoberta misteriosa. Logo após defender a tese, assisti, em janeiro de 1946, à primeira reunião da Sociedade Americana de Física, em Nova Iorque. Os físicos norte-americanos discutiram intensamente a questão e propuseram a criação da Comissão de Energia Atômica, que deveria ficar sob controle civil. Durante a guerra, o Projeto Manhattan fora dirigido por um general, o Leslie Groves. E naturalmente devia haver militares querendo controlar a energia atômica, porque a bomba atômica é uma arma de guerra. Mas os físicos achavam que os civis é que deveriam ditar a política de energia atômica.

[EC] E qual foi a reação no Brasil?

[JLL] No Brasil e em todo o mundo houve uma grande repercussão. Nas Nações Unidas – e o Brasil tinha assento lá – foi criada uma Comissão de Energia Atômica. O representante brasileiro foi o almirante Álvaro Alberto, que era professor de química na Escola Naval. Utilizando seu prestígio e o prestígio da energia atômica no mundo, Álvaro Alberto trabalhou junto ao governo do presidente Dutra pela criação de um conselho nacional de pesquisas. Os Estados Unidos tinham um conselho de pesquisas em 1916, a Itália desde 1923. Na União Soviética existia a Academia de Ciências, que desempenhava um papel muito importante do ponto de vista do fomento da pesquisa científica, da criação de institutos e do apoio aos pesquisadores. No Brasil, não havia uma organização estatal que apoiasse a pesquisa científica. Enviado o projeto ao Congresso e aprovado, a lei foi sancionada no segundo governo de Vargas, já em 1951. Álvaro Alberto foi o primeiro presidente do CNPq. Pela primeira vez, formulou-se uma política científica nacional. Foram concedidas bolsas de estudo para jovens brasileiros se especializarem em ciências, que fossem fazer pesquisas científicas e cursos de doutorado no exterior. O CNPq dava auxílio aos laboratórios científicos do país e às universidades que tivessem laboratórios.

[EC] E como surgiu a cooperação internacional para o desenvolvimento da energia atômica?

[JLL] Gradativamente, os Estados Unidos viram que estavam perdendo o segredo. A União Soviética fez a bomba sozinha, a França desenvolveu a energia nuclear por conta própria, a Inglaterra também, a Holanda cooperava com a Noruega. Aos poucos, os pequenos países avançados estavam descobrindo os chamados segredos atômicos. Os Estados Unidos e a União Soviética concordaram então em promover uma grande conferência internacional em que os segredos seriam revelados. Milhares de trabalhos foram apresentados, revelando todos os dados necessários à construção de reatores de potência para pesquisa e as aplicações de radioisótopos. Essa conferência marcou época. Havia uma equipe de secretários científicos para coordená-la e conduzir os trabalhos. Eu fui um deles, outro foi o Abdus Salam, que recentemente recebeu o prêmio Nobel. Nessa conferência ficou clara a força política da energia atômica. Voltei para o Brasil, em 1955, convencido de que o país devia realmente levar à frente um programa importante do ponto de vista energético e do desenvolvimento científico e tecnológico. Criou-se então a Comissão de Energia Atômica, de que eu era membro.

[...]

ATIVIDADE 4

AD04 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM LEITURA E JOGO DIDÁTICO:

Assunto: A física brasileira e o Regime Militar

Orientações ao Professor

- Esta atividade será composta por uma leitura e pela aplicação de um jogo. O objetivo aqui é tentar demonstrar as aproximações entre a política e o desenvolvimento da ciência nacional, evidenciando alguns aspectos da natureza da ciência.
- Para a aplicação do jogo é recomendado que tenham monitores ajudando a aplicar a atividade, uma vez que será necessário dividir a sala em grupos e o professor não poderá acompanhar todos os grupos ao mesmo tempo. Todas as regras e a maneira como aplicar estarão no Anexo 1 deste documento.

Roteiro da atividade

- Uma possibilidade é solicitar que os estudantes assistam a série “O golpe na academia”, feita também pela Pesquisa Fapesp, de preferência antes da aula, uma vez que os vídeos são de aproximadamente 30 min.⁶
- Assim sendo, o professor pode iniciar a aula com a leitura do artigo “O impacto na academia” publicado na revista Pesquisa Fapesp em abril de 2014, sob autoria de Marcos Pivetta⁷, e a seguir fazer a aplicação do jogo.
 - Para aplicar o jogo divida a sala em grupos de até 6 ou 7 estudantes. O jogo foi feito num tabuleiro com os anos enumerados, de 1964 até 1985, e a cada etapa os jogadores são confrontados por cartas contendo uma breve explicação do contexto histórico daquele ano e no qual eles devem jogar o dado para saber qual será sua consequência. As consequências para o jogo foram elaboradas a partir de relatos reais de cientistas e lideranças acadêmicas, buscando apresentar de maneira lúdica ao jogador como o cenário político influenciou o trabalho dos cientistas da época. O jogo é uma alternativa à exposição, uma vez que as cartilhas referentes a cada ano deverão ser lidas

⁶ Série de 3 vídeos disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=XCSAj4A8j9o&list=PLA8UMWZFXGJkiCk5_-6CEetnvw2xVAcDm>

⁷ Disponível em < <http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/04/24/o-impacto-na-academia/>>

e apresentarão todo o contexto daquele momento. A íntegra do jogo se encontra no texto de apoio.

- Após a atividade deixe como lição de casa que elaborem um texto sobre o qual a relação entre a ditadura militar e a ciência, e se eles fossem cientistas durante uma ditadura como eles acreditam que pudessem ser afetados.

ATIVIDADE 5

AD05 - ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM LEITURA DE NOTÍCIAS

Desmonte da ciência nacional e o cenário atual da ciência brasileira

Orientações ao professor

- Para esta atividade foi selecionado um portfólio de notícias que seguem nos textos de apoio. Elas deverão ser distribuídas aos estudantes que deverão ler e depois socializar com a turma.

Roteiro da atividade

- Para esta atividade a sala deve ser dividida em grupos ou mesmo duplas para que façam a leitura das notícias. As notícias podem ser organizadas em ordem cronológica e após a leitura cada grupo ou dupla deverá elaborar um parágrafo sobre a notícia que leu e socializar com a turma o conteúdo.

- Neste momento de socialização tente elaborar com os estudantes um panorama das condições atuais de produção científica e solicite que respondam as seguintes questões.

1 – Dentre as reportagens lidas por você e seus colegas teve alguma reportagem que chamou mais a sua atenção? Fale o que você achou desta reportagem.

2 – Diante do que foi discutido na aula, como você percebe a produção científica no Brasil atualmente?

3 – O que você acha que é necessário para que o Brasil tenha condições de se desenvolver cientificamente nos próximos anos?

- Como lição de casa solicite que os estudantes elaborem uma questão que perguntariam numa entrevista a um cientista brasileiro. Esta questão será utilizada na próxima atividade. A sala deve propor as questões e os alunos deverão selecionar junto com o professor as melhores perguntas para uma entrevista.

Bibliografia complementar:

Corte de verbas para ciência, tecnologia e inovação prejudica o país, afirmam debatedores. Senado Notícias, disponível em <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2018/06/12/corte-de-verbas-para-ciencia-tecnologia-e-inovacao-prejudica-o-pais-afirmam-debatedores>>

Sem recursos, obra do acelerador de partículas pode parar. Uol Notícias. Disponível em <<https://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/estado/2017/08/30/sem-recursos-obra-do-acelerador-de-particulas-pode-parar.htm>>

Pesquisa científica brasileira cresce, mas continua abaixo da média mundial. Gazeta do povo. Disponível em <<https://www.gazetadopovo.com.br/educacao/pesquisa-cientifica-brasileira-cresce-mas-continua-abaixo-da-media-mundial-0wxh8zcf0o0ibdvxzumaacod4>>

Corte de verba pode tirar Brasil do LHC, o superacelerador de partículas. Super Interessante. Disponível em <<https://super.abril.com.br/ciencia/corte-de-verba-pode-tirar-brasil-do-lhc-o-superacelerador-de-particulas/>>

Veneno de vespa brasileira pode ajudar no combate ao câncer. G1. Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/noticia/2015/09/veneno-de-vespa-brasileira-pode-ajudar-no-combate-ao-cancer.html>>

Telescópio russo instalado no Brasil mapeia lixo espacial. Correio Brasiliense. Disponível em https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2018/04/29/interna_ciencia_saude,677169/telescopio-russo-instalado-no-brasil-mapeia-lixo-espacial.shtml

Astrônomos desvendam o “coração” da Eta Carinae. Exame. Disponível em <https://exame.abril.com.br/ciencia/astronomos-desvendam-o-coracao-da-eta-carinae/>

Brasileira que revolucionou o entendimento sobre buracos negros é premiada. Galileu. Disponível em <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2015/03/astrofisica-brasileira-que-revolucionou-nosso-entendimento-sobre-buracos-negros-e-premiada-em-paris.html>

Da Argentina aos EUA, incêndio no Museu Nacional é destaque na mídia internacional. UOL Notícias. Disponível em <<https://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/2018/09/03/incendio-no-museu-nacional-e-noticia-na-midia-internacional.htm#fotoNav=5?cmpid=copiaecola>>

Capes poderá cortar quase 200 mil bolsas no próximo ano. O Globo. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/capes-podera-cortar-quase-200-mil-bolsas-no-proximo-ano-22943267#ixzz5QiMU1ubM>>

ATIVIDADE 6

AD 06 – ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ENTREVISTA

Assunto: Entrevista com um cientista brasileiro

Orientações ao professor

- Nesta aula os estudantes deverão entrevistar um cientista convidado.
- A entrevista poderá ocorrer na escola, mas também pode ser uma visita na universidade se houver esta possibilidade.
- Deixe que os estudantes conduzam a entrevista, fique mais como um mediador. É importante que os estudantes sejam os condutores e o professor o mediador. As questões serão selecionadas previamente dentro das questões apresentadas pelos estudantes, e devem ser selecionadas em grupo.
- Esta é uma atividade aberta e pode sofrer improvisações e interferências, não é preciso se ater de maneira engessada ao roteiro da entrevista.
- Após a realização da atividade deverá ser aplicada uma avaliação final. A avaliação pode ser por exemplo uma redação, um texto a ser elaborado pelos estudantes para que expressem com suas palavras como foi sua experiência com a física brasileira. A proposta de tema pode ser:

“Escreva uma redação de 20 a 30 linhas falando sobre a sua percepção da física brasileira, buscando apontar o que você aprendeu sobre os cientistas e sobre como se faz ciência no nosso país”

ANEXO 1. JOGO: CIENTISTAS NA DITADURA

Este jogo você vai fazer você sentir como era ser um cientista durante o regime militar. Marcado por um cenário ambíguo no qual, por um lado, os cientistas eram perseguidos e presos e, por outro, houve um estímulo à pesquisa em áreas estratégicas, seu objetivo é tentar passar pelos diferentes períodos do regime mantendo sua integridade e de seus colegas. Qual seria seu trajeto durante o regime?

Regras do jogo

- O jogo é composto por um tabuleiro onde estão enumerados cada um dos anos de regime, e em cada etapa há uma ficha com os acontecimentos históricos daquele período. Além disso há um conjunto de cartas que ditará as consequências que cada jogador poderá sofrer em cada etapa do jogo.
- O jogo pode ser jogado em até 6 pessoas, e a ordem dos jogadores deverá ser determinada por sorteio. Enumere fichas com os números de 1 a 6 e cada um deverá tirar uma ficha que corresponderá à sua ordem no jogo.
- Todos os jogadores devem iniciar no ano de 1964, colocando o pino sobre este no tabuleiro. O primeiro jogador deverá ler a ficha correspondente a este ano, na qual há uma breve explicação do contexto político naquele momento. Há no tabuleiro, dois decks, o deck de Vantagens e o deck de Desvantagens. Cada jogador deverá puxar uma carta de cada um destes decks, uma corresponderá a uma possível vantagem e outra a uma possível desvantagem. Estas cartas poderão ser utilizadas em qualquer momento do jogo. As cartas retiradas deverão ser lidas em voz alta e todos os jogadores deverão conhecer as cartas uns dos outros.
- No jogo há três campos, a prisão, exílio, e a exoneração. Todo jogador que ficar preso ou exilado não poderá jogar pela quantidade de rodadas que forem determinadas pela instrução no cartão. O jogador que for exonerado só poderá voltar ao jogo quando todos chegarem ao ano de 1979 ou por meio de uma carta de anistia. Se for o primeiro caso o jogador retorna ao jogo de onde parou, se for o segundo caso o jogador retorna direto no ano de 1979.
- Vence o jogo o primeiro jogador a chegar ao final do Regime.

Cards de Desvantagem (vermelhos)

<p style="text-align: center;">1</p> <p>Você faz parte de um movimento estudantil, sua desvantagem neste jogo será ter 2/3 de chance de ir para a prisão quando tiver que jogar o dado. Apenas se tirar os números 1 ou 6 poderá escapar.</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p>Você já teve proximidade com o antigo presidente, então o atual governo não sabe se pode confiar em você, por isso ficará as duas primeiras rodadas sem jogar.</p>
<p style="text-align: center;">3</p> <p>Você aparentemente é um professor muito “subversivo”, mesmo não defendendo ideologias radicais. Por este motivo passará a ser o último a jogar.</p>	<p style="text-align: center;">4</p> <p>Você foi recentemente contratado(a) na universidade, portanto não é um pesquisador de renome. Ficam anuladas para você quaisquer vantagens por credibilidade ou por influência.</p>

<p style="text-align: center;">5</p> <p>Você é um influente membro na mídia, para qualquer tentativa de prisão contra você entre 1968 e 1979 sua chance de escapatória será de apenas 1/3. Você só evitará a prisão se tirar os números 1 ou 6 no dado.</p>	<p style="text-align: center;">6</p> <p>Você é um militante e defensor(a) assumido das ideologias de esquerda, por este motivo deve jogar o dado antes de iniciar o jogo. Se tirar um número ímpar ficará preso por até três rodadas, ou até tirar 6 no dado.</p>
---	---

Cards de Vantagem (azuis)

<p style="text-align: center;">1</p> <p>Você está pesquisando a área de física nuclear, uma área estratégica para o governo militar. A cada 5 anos que avançar no regime, avançará mais um automaticamente, exceto se faltar apenas 1 ano para terminar o jogo.</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p>Você tem conhecimento de fatos comprometedores sobre o reitor da sua universidade, poderá usar isso a seu favor para escapar caso seja delatado.</p>
---	--

<p style="text-align: center;">3</p> <p>Você é um pesquisador de renome internacional, muito influente na academia. Pode usar esta carta para escapar de uma prisão ou exílio. Caso tenha retirado o card vermelho 2 troque seu card azul com outro no deck.</p>	<p style="text-align: center;">4</p> <p>Você é um pesquisador com várias parcerias internacionais, vive recebendo convites de universidades estrangeiras, em caso de tentativa de prisão vá para o exílio por três anos e retorne três rodadas depois três casas à frente.</p>
<p style="text-align: center;">5</p> <p>Você vem de uma família muito rica de empresários influentes, use esta carta para escapar de uma tentativa de prisão.</p>	<p style="text-align: center;">6</p> <p>Você é filho de membros influentes do atual governo, use esta carta para prender um delator caso este tente te prender.</p>

CONFIDENCIAL

1964

O mundo ainda vive a ressaca deixada pela Segunda Guerra Mundial, que acabou em 1949. A busca por tecnologia nuclear se tornou uma corrida e as principais potências mundiais estão se precavendo e propondo acordos internacionais de uso pacífico desta tecnologia. No Brasil o momento político é conturbado. Mergulhado num onda de movimentos conservadores o atual presidente Jango propaga um discurso reformista e progressista, que lhe custa o cargo da presidência. Na madrugada do dia 2 de abril o Presidente do Congresso, Auro de Moura Andrade, declara “vaga” a presidência da república, mesmo o presidente estando em território nacional. O Presidente da Câmara, Ranieri Mazilli assume a presidência tentando dar um ar de legitimidade ao golpe, mas quem governa de fato são os militares. Uma semana depois é baixado o Ato Institucional I, que permite a cassação de mandatos e suspensão de direitos políticos por parte do presidente, assim qualquer político de oposição poderia ser destituído do cargo e ter os direitos suspensos. No dia 15 de abril o General Castelo Branco toma posse da presidência. Já no início de junho, o presidente caça mandatos de 40 políticos, incluindo do ex-presidente Juscelino, que era senador naquele momento. Ainda neste ano as torturas se iniciaram, a União Nacional dos Estudantes foi extinta e foi criado o Serviço Nacional de Informação, que permitia a espionagem de qualquer cidadão por parte do governo.

Consequência:

Neste momento cada jogador deverá tirar uma carta do monte “Vantagem” e outra do monte “Desvantagem”. Em seguida deverá ler em voz alta para que os demais jogadores fiquem cientes da sua situação. Guarde os cards e use conforme as instruções.

Feito isso, cada jogador deverá avançar para o ano seguinte.

CONFIDENCIAL

1965

Neste ano foi promulgado o Ato Institucional 2, que dissolve todos os partidos políticos e torna as eleições indiretas, a serem realizadas pela classe militar.

Ao final deste ano já são registradas 83 denúncias de tortura e 3 mortes. Presos políticos começam a aparecer enforcados nas celas.

Consequência:

Se você se encontra preso ou exilado jogue o dado conforme instruções do seu card e veja se será solto ou não. Caso seja solto coloque o peão no ano de 1964 e não avance nesta rodada.

CONFIDENCIAL

1966

Neste ano é instaurado o Ato Institucional 3 que torna indiretas as eleições para Governadores e Prefeitos. Em outubro deste ano Costa e Silva assume a presidência.

Consequências:

Se você se encontra preso ou exilado jogue o dado conforme instruções do seu card e veja se será solto ou não. Caso seja solto coloque o peão no ano de 1964 e não avance nesta rodada.

CONFIDENCIAL

1968

Neste ano a revolta popular começa a ganhar força. Em 1967 formase a Guerrilha Armada do Araguaia, e agora há passeatas populares pelo fim do Regime Militar, greve de trabalhadores na cidade de Osasco, revolta contra assassinato de estudantes. Tudo isso reprimido pelo Governo.

Ainda neste ano movimentos de luta armada liderados pelo Partido Comunista e por grupos socialistas ganha força. Os artistas começam a se manifestar e surge o movimento Tropicália. Em Junho deste ano mais de 100 mil pessoas vão às ruas do Rio de Janeiro se manifestar contra a violência policial e a favor da democracia.

Ainda neste ano é instaurado o Ato Institucional 5, que permite punir arbitrariamente qualquer um que fosse considerado inimigo do Estado.

Consequência:

Você, como bom cidadão que é, foi à rua se manifestar numa destas passeatas. No meio da confusão foi pego pela polícia. Jogue o dado e caso tire 3 ou 5 será preso por uma rodada. Do contrário vá para o ano seguinte.

CONFIDENCIAL

1969

Neste ano é baixado a Ato Institucional 10, que caçava direitos de qualquer funcionário público que falasse mal da ditadura. Neste momento muitos professores e pesquisadores foram afastados de seus cargos.

Ao final deste ano somam-se 1027 denúncias de tortura.

Consequência:

Você, como professor e pesquisador, deve jogar o dado para saber se será compulsoriamente aposentado ou não. Caso tire um número par você se salva, caso tire um número ímpar você será compulsoriamente aposentado e deverá ir para a exoneração. Para retornar ao jogo precisará tirar o número 6 no dado, ou até algum jogador chegar ao ano da anistia.

CONFIDENCIAL

1973

No ano de 1973 há o ápice do desenvolvimento econômico Brasileiro, com o PIB chegando à 14%. O clima otimista não se sustentaria por muito tempo, porém o momento era bom.

Consequência:

Com o crescimento do PIB os militares investem mais em expansão universitária, assim sendo há aqui uma possibilidade de seu departamento receber uma verba que te garantirá pelos próximos 3 anos. Porém para isso será preciso delatar um colega.

O primeiro jogador a chegar a este ano deverá escolher entre delatar um colega por práticas subversivas (seja verdade ou não) e avançar três anos direto, ou não delatar e seguir jogando normalmente. O jogador a ser delatado deverá jogar o dado e será exilado se tirar um número par.

Importante: este movimento somente poderá ser feito por um único jogador.

CONFIDENCIAL

1974

Uma crise no petróleo atinge o Brasil. O clima de otimismo econômico vai por água abaixo. O Governo proíbe o uso da palavra “recessão” pela mídia.

Consequência:

Parece que haverá cortes no orçamento da pesquisa. Todos os jogadores, independente de que casa estejam devem jogar o dado. Se tirar um número par não avançam nesta rodada.

CONFIDENCIAL

1975

Neste ano as forças de oposição ao regime militar começam a ganhar alguma força. É criado o Movimento Feminino pela Anistia.

Outro marco importante foi o acordo nuclear fechado entre o Brasil e a Alemanha para desenvolvimento de energia atômica. Os EUA repudiam o acordo sob a suspeita de que o Brasil estaria tentando desenvolver uma bomba.

Consequências:

Um membro de alta patente do exército se interessa pelos seus estudos, ele te convida para desenvolver um projeto paralelo com vistas à viabilizar a construção de um reator nuclear. O primeiro jogador a chegar neste ponto deve então escolher uma das opções a seguir:

- 1 – Avança três anos direto
- 2 – Avança dois anos e convida um colega para integrar sua pesquisa, permitindo que o segundo a chegar neste ponto também avance dois anos.
- 3 – Avança um ano e escolhe um colega para delatar por defender ideais comunistas. Este colega ficará exilado por até 5 rodadas, ou até tirar 1 ou 6 no dado.

CONFIDENCIAL

1977

Este ano foi muito conturbado, uma manifestação com cerca de 7 mil estudantes acontece em São Paulo, Lula organiza os metalúrgicos que pedem aumento salarial, o Brasil rompe acordo militar com os EUA depois do relatório de direitos humanos, a PUC- SP é invadida e a PM prende cerca de mil estudantes que estava em um congresso da União Nacional dos Estudantes. No cenário econômico o Brasil está indo de mal a pior, o ano termina com crescimento do PIB em 4,9%, inflação em 40%.

Consequência:

Um acelerador de partículas foi doado à sua universidade, em tempos de crise é uma oportunidade que não se pode perder. Você e seus colegas deverão disputá-lo. Todos os jogadores que não estão presos, exilados ou exonerados devem jogar o dado. Aquele que tirar o maior valor deverá avançar duas casas, independente de onde estejam. Esta consequência deverá ser lida apenas na primeira vez que um jogador chegar a este ano.

CONFIDENCIAL

1978

Neste ano temos a primeira greve depois do AI-5, feita por funcionários da Scania. Os metalúrgicos se organizam em um sindicato. Neste ano acontece o Primeiro Encontro Nacional de Movimentos Pela Anistia, cobrando “anistia ampla, geral e irrestrita”. Ainda neste ano Geisel revoga o banimento de 126 brasileiros.

Consequência:

Se você está no exílio deve jogar o dado. Se tirar um número diferente de 1 e 6 pode retornar ao ano no qual foi exilado. Se tirar 1 ou 6 pode retornar ao ano de 1978.

CONFIDENCIAL

1979

Neste ano foi promulgada a Lei da Anistia

“Art. 1º É concedida anistia a todos quantos, no período compreendido entre 02 de setembro de 1961 e 15 de agosto de 1979, cometeram crimes políticos ou conexo com estes, crimes eleitorais, aos que tiveram seus direitos políticos suspensos e aos servidores da Administração Direta e Indireta, de fundações vinculadas ao poder público, aos Servidores dos Poderes Legislativo e Judiciário, aos Militares e aos dirigentes e representantes sindicais, punidos com fundamento em Atos Institucionais e Complementares e outros diplomas legais.”

Neste ano os partidos políticos são novamente permitidos.

Consequência:

Quando todos os jogadores livres chegarem a este ano, todos os presos, exilados ou afastados do cargo deverão retornar ao jogo no ano de 1979.

CONFIDENCIAL

1980

É criado o primeiro partido oriundo de movimentos de bairro e sindicalistas, o Partido dos Trabalhadores.

Consequência:

Você tem a opção de se filiar a este partido. Caso o faça terá direito de jogar o dado e se tirar um número par pode andar duas casas e escolher um colega para fazer o mesmo.

CONFIDENCIAL

1981

A Polícia Federal divulga lista de opositores indicados como "Comunistas".

Consequência:

Você foi visto levando sua filha para a creche numa cesta vermelha, para a polícia esta foi a prova cabal de que você era comunista, o reitor te denunciou e seu nome saiu nesta lista. Jogue o dado, caso tire um número ímpar vá para a prisão.

CONFIDENCIAL

1982

O regime começa a dar sinais de esgotamento. Neste ano é apresentada a emenda para retorno das eleições diretas, concomitante a isso, iniciam-se os debates na televisão.

Consequência

O país começa a voltar a dar sinais de que será uma democracia novamente, por isso avança sem consequências.

CONFIDENCIAL

1983

Este ano é marcado por uma série de motins e saques na cidade de São Paulo, gerados por altos índices de desemprego e uma grande crise social. Neste ano cerca de 10 mil manifestantes vão às ruas de São Paulo pedir eleições diretas.

Consequência

Você não sofreu com o desemprego mas pode estar com o salário atrasado. Todo jogador que passar por aqui deverá jogar o dado, se tirar 3 ou 5 não avançará nesta rodada.

CONFIDENCIAL

1984

Neste ano milhares de pessoas se organizam em movimentos pedindo o retorno das eleições diretas. Este movimento resultaria em janeiro do ano seguinte na eleição de Tancredo Neves como presidente democraticamente eleito em oposição ao Paulo Maluf. Ainda em 1985 Tancredo Neves adoece e falece, deixando a presidência da república para seu vice, José Sarney.

Consequência:

Se você é o primeiro jogador a chegar até aqui, você foi o que melhor lidou com as consequências do regime militar, avance para o próximo ano e vença o jogo!

APÊNDICE 2. QUESTIONÁRIO DOS PROFESSORES

Responda as questões a seguir com honestidade, sendo o mais sícenro(a) possível.

1 - Qual a sua formação inicial (física, matemática, etc...)? Quanto tempo ministra aulas na Educação Básica e quanto tempo em aulas de física?

2 - Você fez alguma pesquisa durante a sua graduação? Comente.

3 - Para você, qual é o trabalho de um cientista

4 - Você conhece algum Laboratório, Universidade ou Centro de Pesquisa na sua cidade ou região que faça pesquisa científica? Em caso positivo, cite o local e o que você acha que é desenvolvido lá.

5 - Marque a opção que melhor indique seu conhecimento sobre as pessoas abaixo e escreva o que sabe sobre elas e qual a influência delas na sua formação.

a) Albert Einstein <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade	a) _____ _____ _____ _____ _____ _____
b) José Leite Lopes <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade	b) _____ _____ _____ _____ _____ _____
c) Isaac Newton <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade	c) _____ _____ _____ _____ _____ _____
d) César Lattes <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade	d) _____ _____ _____ _____ _____ _____
e) Peter Higgs <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome	e) _____ _____

<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade 	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>f) Mário Schenberg</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade 	<p>f)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>g) Niel de Grase Tysson</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade 	<p>g)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>h) Landel de Moura</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade 	<p>h)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>i) Marie Curie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola/faculdade 	<p>i)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

6 – Durante sua formação acadêmica foi discutido/abordado/apresentado algo sobre a Física/Ciência Brasileira? O que e em que contexto? Comente.

7 – Qual a sua opinião, e qual o nível de relevância que você atribui, sobre a inserção de discussões da Física/Ciência Brasileira:

a) na formação inicial do professor de física (na graduação)

b) nas aulas de física do ensino médio

APÊNDICE 3. QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS

Questionário dos alunos

1 - Quais cientistas você conhece? Cite alguns(as) cientistas que você conhece de livros, da escola, da TV, ou outros meios de comunicação.

2 - Você já visitou alguma Universidade ou Centro de Pesquisa (lugar onde os cientistas trabalham)? Já conheceu os professores(as) e pesquisadores(as) que trabalham lá? O que você acha que eles fazem? Comente.

3 - Você sabe de algum Laboratório, Universidade ou Centro de Pesquisa na sua cidade ou região que faça pesquisa científica? Se sim, cite o local e o que você acha que é desenvolvido lá.

4 - Marque a opção que melhor indique seu conhecimento sobre as pessoas abaixo e, ao lado, escreva o que sabe sobre ele(as).

a) Albert Einstein <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola	a) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
b) José Leite Lopes <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola	b) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
c) Isaac Newton <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola	c) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
d) César Lattes <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola e) Peter Higgs <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome	d) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> e) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola 	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>f) Mário Schenberg</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola 	<p>f)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>g) Niel de Grase Tysson</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola 	<p>g)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>h) Landel de Moura</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola 	<p>h)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>i) Marie Curie</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Nunca ouvi falar <input type="radio"/> Conheço somente pelo nome <input type="radio"/> Conheço pela Mídia/internet <input type="radio"/> Estudei sobre ele na escola 	<p>i)</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

5 – Você já estudou, leu, assistiu documentário ou reportagem na TV/Internet sobre a Física Brasileira ou sobre algum(a) cientista brasileiro(a)? Do que se tratava (qual meio de comunicação, qual cientista)? Comente.