



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE FÍSICA - UAF**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**GILDEVAN OLIVEIRA SILVA**

**A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A FORMAÇÃO DOCENTE: UMA  
ANÁLISE DOS SABERES MOBILIZADOS POR “PIBIANOS”**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**2021**

**GILDEVAN OLIVEIRA SILVA**

**A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A FORMAÇÃO DOCENTE: UMA  
ANÁLISE DOS SABERES MOBILIZADOS POR PIBIANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física Licenciatura, do Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Alexandre Campos

**CAMPINA GRANDE – PB  
2021**



S586f Silva, Gildevan Oliveira.

A Física moderna e contemporânea e a formação docente: uma análise dos saberes mobilizados por "Pibidianos". / Gildevan Oliveira Silva. - 2021.

70 f.

Orientador: Professor Dr. Alexandre Campos.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Ciências e Tecnologia; Curso de Licenciatura em Física.

1. Formação docente - física. 2. Formação de professores - física. 3. PIBID - Física - UFCG. 4. Ensino de Física. 4. Ensino por investigação. 5. Física moderna. 6. Física contemporânea. 7. Oficina de modelos - Caixa preta - física. 8. Oficina de espectroscopia - física. 9. Oficina de propriedades eletromagnéticas. I. Campos, Alexandre. II Título.

CDU: 53:37(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

GILDEVAN OLIVEIRA SILVA

**A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A FORMAÇÃO DOCENTE: UMA  
ANÁLISE DOS SABERES MOBILIZADOS POR PIBIANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Unidade Acadêmica de Física do Centro de  
Ciências e Tecnologia da Universidade Federal  
de Campina Grande, como requisito parcial  
para obtenção do título de Licenciada em  
Física.

Campina Grande, 20 de outubro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alexandre Campos (UFCG/CCT/UAF)  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Daisy Martins de Almeida (UFCG/CCT/UAF)  
Membro Interno

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Lucia Helena Sasseron (USP)  
Membro Externo

Conceito da defesa:

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, com a minha formação acadêmica e, em especial, dedico a minha família, que sempre me apoiou, a meus companheiros de curso e aos meus amigos que me incentivaram durante toda a caminhada.

Dedico também, de forma muito especial, a memória do meu primo: Edvaldo de Oliveira Alves (Mará), pois sem sua inspiração e apoio prestados esse trabalho também não seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por poder me conceder a graça da vida e de concluir mais um sonho em minha vida.

Gostaria de agradecer também a minha família por todo apoio prestado e por todo esforço realizado em prol da minha conclusão. Todo o esforço realizado por eles ao longo desses 23 anos em prol de uma educação melhor culmina hoje nesta graduação e se posso aqui estar é por mérito e esforço deles. Por isso, digo que essa conclusão não é apenas minha, mas desses dois grandes guerreiros que tenho a honra de ter como pais.

Agradeço também aos meus companheiros de curso, que ao longo da caminhada, foram, além de companhias de estudo, amizades verdadeiras nascidas ali para toda a vida.

Agradeço também aos meus docentes que, por meio das disciplinas e das conversas pessoais, puderam agregar, tanto profissionalmente como pessoalmente, de forma significativa na minha vida. Alguns professores tiveram uma participação mais ativa, porém, a fim de não ser injusto ao esquecer o nome de alguém, coloco aqui meus agradecimentos de forma igualitária a todos os mestres que são para mim exemplo e inspiração.

Por fim, gostaria de agradecer, em memória, a Edvaldo de Oliveira Alves, conhecido como o eterno Mará, por todo apoio prestado e por ter sido e continuar sempre sendo para mim, uma grande referência.

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou sua construção. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender.”.*

*Paulo Freire*

## RESUMO

A Educação traz, intrínseca a seu papel, a formação de um cidadão crítico e que seja capaz de compreender aquilo que o rodeia. Desta forma, é necessário que os conteúdos estejam em consonância com o momento social e histórico no qual estamos inseridos. O docente, seguindo essa adaptação ao momento e ao público, deve apropriar-se de seus saberes a fim de contribuir de forma significativa no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Por isso, o presente trabalho apresenta os saberes docentes mobilizados por bolsistas do Programa de Iniciação à Docência-PIBID da Física Licenciatura- da Universidade Federal de Campina Grande, os “*pibianos*”, matriculados nos primeiros anos da graduação. A investigação teve como ponto de partida uma oficina com alunas de uma escola da rede pública da cidade de Campina Grande - PB. O objetivo deste trabalho busca compreender como os “*pibidianos*” mobilizaram os saberes docentes durante a aplicação de uma oficina de caráter investigativo que advém de uma sequência investigativa sobre Física Moderna e Contemporânea elaborada pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Universidade de São Paulo. A aplicação, dizia respeito à Natureza da Ciência, através de uma atividade denominada de Caixa Preta, que busca trabalhar com os alunos sobre a utilização de Modelos na Ciência. O estudo se deu através da análise de relatos dos próprios escritos pelos “*pibidianos*”. A pesquisa, de caráter básico, apresenta um levantamento sobre os saberes mobilizados por professores, como por exemplo: Saberes Pessoais e Saberes Curriculares. O estudo em tela elenca um conjunto de saberes mobilizados por futuros professores em suas primeiras inserções ao magistério.

**Palavra-chave:** Saberes Docentes; Formação de Professores; PIBID; Ensino de Física; Ensino por Investigação.

## ABSTRACT

The education brings, intrinsic to its role, the formation of a critical citizen who is able to understand what surrounds him or her. Thus, it is necessary that the contents are in line with the social and historical moment in which we are inserted. The teacher, following this adaptation to the moment and to the public, must appropriate their knowledge in order to significantly contribute to the students' learning process. Therefore, the following work presents the teaching knowledge mobilized by PIBID scholarship holders, enrolled in the first years of their undergraduate degree in Physics. The starting point of the investigation was a workshop with students from a public school in Campina Grande - PB. This work's objective is to understand how the PIBID scholarship holders mobilized the teaching knowledge during the application of an investigative workshop that comes from an investigative sequence on Modern and Contemporary Physics elaborated by the Physics Research and Teaching Laboratory of the Universidade de São Paulo (USP). The application was related to the Nature of Science, through an activity called Black Box, which seeks to work with students on the use of Models in Science. The analysis of the work took place through the transcription of recordings made during the application of the workshop and reports written by the PIBID scholarship holders themselves. The research has a basic nature and it can bring with it a survey of the knowledge mobilized by two teachers, gathering as examples of the knowledge found personal knowledge, curricular knowledge, etc. And, despite the difficulties faced, such as the pandemic moment that devastates us, which led us to use pre-collected data, the work can present and analyze the knowledge mobilized by future teachers in their first insertions into teaching.

**Keyword:** Teaching Knowledge; Teacher training; Pibid; Physics Teaching; Teaching by Investigation

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
2	<b>ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO</b> .....	14
2.1	GRAUS DE LIBERDADE .....	16
3	<b>INOVAÇÃO CURRICULAR E FCM</b> .....	19
4	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	22
4.1	FORMAÇÃO DOCENTE E SEUS SABERES ENVOLVIDOS.....	22
4.1.1	Os Saberes Docentes para Maurice Tardif .....	23
5	<b>METODOLOGIA</b> .....	26
5.1	NATUREZA DA PESQUISA.....	26
5.2	REVISÃO DA LITERATURA E DEMAIS TEXTOS .....	27
5.3	OBTENÇÃO DOS DADOS.....	28
5.3.1	Oficinas .....	29
5.3.1.1	<i>Oficinas de Espectroscopia e de Propriedades Eletromagnéticas</i> .....	29
5.3.1.2	<i>Oficina de Modelos (Caixa Preta)</i> .....	30
5.4	A CAIXA PRETA COMO ATIVIDADE INVESTIGATIVA E OS GRAUS DE LIBERDADE ...	31
5.5	CRITÉRIOS DE ANÁLISES .....	32
6	<b>ANÁLISE DE DADOS</b> .....	33
6.1	ANÁLISE DO VÍDEOS .....	33
6.2	ANÁLISE DOS RELATOS.....	35
7	<b>ALGUMAS CONSIDERAÇÕES</b> .....	37
8	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39
9	<b>ANEXOS</b> .....	41

## 1 INTRODUÇÃO

A Educação Básica tem como uma de suas prerrogativas a formação de um cidadão crítico e que possa compreender, de forma razoável, o que está presente em seu cotidiano. Desta forma, faz-se necessário que os conteúdos ensinados no ambiente escolar estejam em consonância com o momento histórico e social em questão, bem como as mudanças sociais e tecnológicas que sofreremos nos últimos anos. Por isso, a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica nos parece tão oportuna.

A ideia de renovação do currículo, tendo a inserção de FMC como um dos pontos, pode ser visualizada em documentos oficiais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) trazem dentro de seu corpo uma preocupação explícita referente a atualização dos conteúdos.

Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais. Para uma educação com o sentido que se deseja imprimir, só uma permanente revisão do que será tratado nas disciplinas garantirá atualização com o avanço do conhecimento científico e, em parte, com sua incorporação tecnológica. (BRASIL, 1999, p.8)

Diferente das gerações anteriores, a geração atual que adentra ao ambiente escolar é nativa em tecnologia, ou seja, é uma geração que tem proximidade direta com os avanços tecnológicos e possuem uma habilidade razoável de manuseio. Devido a isso, faz-se necessário que o estudante compreenda a implicação da ciência nessas tecnologias, de maneira que ele consiga não apenas manusear, mas também entender, de forma razoável, como ocorre o funcionamento de diversos equipamentos.

Quando observamos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), percebemos que dentro do próprio documento, uma das competências da área de Ciências da Natureza é analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos (BRASIL, 2018). Apesar de não ser tão explícito, é possível encontrar estímulos à alguns conteúdos e, dentre eles, aquelas relacionadas à FMC, como é o caso, por exemplo da competência cujo objetivo é o de

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p.553)

Por outro lado, um fator que não pode ser desconsiderado, ao pensar na inserção da FMC na educação básica, segundo o pensamento de Oliveira, Vianna e Gerbassi é o do

tempo, pois possuímos um extenso corpo de conteúdo a ser ministrado em uma carga horária reduzida (Oliveira, Vianna e Gerbassi apud MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2013, p.3). Além disto, outro fator crucial é que os conteúdos, baseados em habilidades e competências, ainda são abordados de forma escassa no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), e acaba sendo uma “justificativa” para a não inclusão dos mesmos na grade curricular. Todavia, ficamos com um questionamento: será que a preocupação em formar um cidadão crítico está de fato na escola ou ainda se encontra apenas no papel?

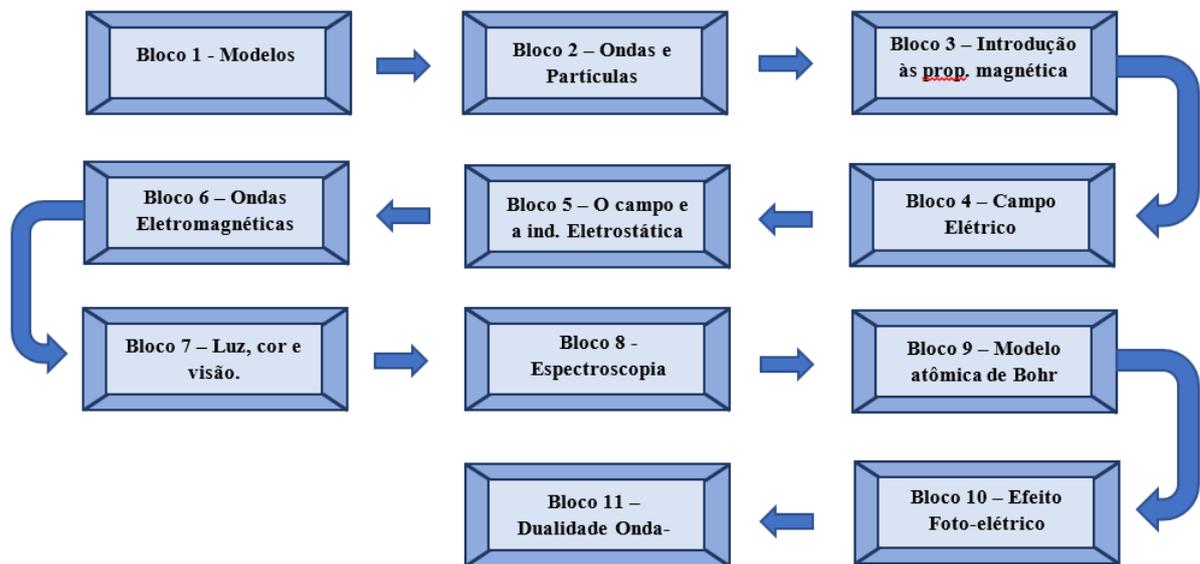
De maneira análoga, quando observamos o que a literatura fala sobre a presença da FMC nos livros didáticos é quase unânime entre os autores que há uma deficiência nessa área. Para Rezende Junior e Cruz (2009) há uma escassez de materiais didáticos que sejam adequados a realidade da educação básica, além de haver dificuldades no processo de formar o futuro docente. Já Pereira e Ostermann (2012) trazem, de uma forma mais geral, que não apenas o livro didático tem o papel de mediação textual diante do ensino de ciências, visto que o professor tem por base materiais escritos, sendo eles originais ou transpostos para educação, que são utilizados como norteadores para que ocorra aplicação em sala de aula.

Quando buscamos na literatura livros ou materiais didáticos que possam ofertar um aporte para que haja uma inserção da FMC na Educação Básica encontramos algumas poucas fontes, como já havia levantado Rezende Junior e Cruz. Contudo, em alguns materiais que encontramos, como no caso de uma sequência de oficinas desenvolvidas pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF), conseguimos observar a utilização de uma metodologia que permite aos docentes ministrarem conteúdos de forma compreensível e relevando, ao menos em primeiro momento, os complicados e complexos formalismos matemáticos inerentes à FMC. Essa sequência foi desenvolvida e aplicada por professores da rede pública de ensino, o que pode gerar, ao menos na localidade de aplicação, um interesse pelo material e sua utilização de forma mais difundida. Um desses conteúdos, voltado ao ensino da Dualidade Onda-Partícula, foi dividido em onze blocos que continham uma sequência investigativa sobre um conteúdo central. Essa metodologia, em especial, busca gerar uma aproximação entre o estudante e o “cientista” visto que considera a construção de um problema, que haja um levantamento de hipóteses, que essas hipóteses sejam testadas e, ao final desse processo, promove a negociação coletiva de saberes.

A sequência de FMC tinha por objetivo trazer a discussão para o ambiente de sala de aula. Por isso, foi organizada em onze blocos, partindo de modelos até chegar ao bloco de

Dualidade Onda-Partícula (Figura – 1). Os blocos desse material são: 1- Modelos, 2- Ondas e Partículas; 3-Introdução às propriedades magnéticas; 4- Breve discussão sobre Campo Elétrico; 5- O Campo e a Indução Eletromagnética; 6-Ondas Eletromagnéticas; 7-Luz, cor e visão; 8- Espectroscopia; 9- Modelo atômico de Bohr;10- Efeito Foto Elétrico e 11- Dualidade Onda-partícula. Cada bloco desse traz consigo uma sequência de aulas e atividades para o desenvolvimento do conteúdo.

Figura 1 - Fluxograma dos blocos da sequência



Fonte: O autor

Outro ponto importante de ser observado e discutido, diz respeito à formação dos futuros docentes no tocante a inserção de FMC na Educação Básica. Concordamos com Tardif, no que diz respeito ao fato de o professor exercer uma função vital de unir a sociedade ao saber que por ela é produzido (TARDIF, 2014. p.33),

Por outro lado, é comum que esses professores em formação inicial venham a ter contato com disciplinas curriculares de FMC que, em sua maioria, tem uma preocupação apenas com o formalismo matemático e o conteúdo mais formal. Assim, pode-se perguntar: será que apenas a matemática, e o conteúdo em si, é suficiente para que o professor realize a inserção da FMC de forma exitosa?

Partindo de todos os pontos levantados anteriormente, e procurando entender melhor sobre a inserção da FMC, ou a falta dela, na Educação Básica, buscaremos, tomando por base um levantamento bibliográfico e uma análise de uma parte do primeiro bloco do material do LaPEF, mostrar como a FMC se apresenta na formação de futuros docentes e suas principais

influências para a educação básica. Tendo assim, como objetivo: entender como os saberes docentes são mobilizados por bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) na aplicação de uma sequência investigativa sobre Física Moderna e Contemporânea.

Para que o nosso objetivo seja alcançado é importante que consigamos compreender a metodologia utilizada nessa sequência didática e, por sua vez, aprofundarmo-nos no bloco a ser estudado para começarmos a delinear um possível desdobramento ao objetivo deste trabalho. Para isso, iniciaremos nossas discussões falando um pouco sobre a Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e os graus de liberdade que foram apresentados por Ana Maria de Pessoa Carvalho.

## 2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Ao realizarmos uma busca simples na internet, sobre Ensino por Investigação, é possível perceber a existência de uma relação próxima com os seguintes termos: “Letramento Científico”, “Alfabetização Científica” e “Enculturação Científica”. Tais termos são frequentemente utilizadas para designar um Ensino de Ciências que busca formar um cidadão crítico a partir do ensino de elementos do fazer ciência. Tendo em vista esses diferentes termos, fica a pergunta: Qual dos termos é o mais adequado?

Seguindo o mesmo raciocínio de Sasseron (2010), tomamos a utilização do termo “Alfabetização Científica”, tendo por base a ideia de alfabetização desenvolvida por Paulo Freire:

...a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto. (FREIRE, 1980 apud SASSERON, L. H., 2010, p.10)

Isso não implica dizer que os termos: “Letramento Científico” e “Enculturação Científica” sejam inadequados, mas que o termo “Alfabetização Científica”, dentro do contexto estudado, tem uma maior abrangência, podendo conter os outros dois termos em seu interior. Desta maneira, alfabetizar será entendido como colocar o aluno em uma nova cultura — a Cultura Científica — e também, dar subsídios aos discentes para aplicar os conteúdos aprendidos nas diversas situações a que se encontrarem.

Nesse sentido, seguindo à visão de Sasseron (2010), temos que a Alfabetização Científica pode ser entendida como um processo e portanto, como contínua. Logo, podemos entender a Alfabetização Científica como um processo, dependendo das situações às quais os indivíduos sejam confrontados. Desta maneira, o docente quando buscar uma metodologia que se enquadre no processo de Alfabetização Científica, deve escolher uma que dê autonomia ao discente para aplica-la à sua vida.

Observando atentamente a sociedade atual, que as relações interpessoais deixaram de ser excepcionalmente individuais, e passaram a ser universais (Araujo et al, 2014). Visto que, a propagação de informações, produtos e pessoas ocorre, nos tempos atuais, de forma quase instantânea, criando uma proximidade e uma interrelação onde antes havia um distanciamento.

A escola, como esse espaço gerador de conhecimento, não poderia se omitir em Alfabetizar Cientificamente os estudantes. Segundo Shamos: “um cidadão alfabetizado cientificamente não apenas sabe ler o vocabulário científico, mas também é capaz de criticar e escrever coerentemente e de forma significativa em um contexto não apenas teórico” (SHAMOS apud ARAUJO et al., 2014, p.7) . Por isso, é importante que o professor ajude o aluno a ser crítico e capaz de entender as ciências e suas metodologias.

Levar um aluno a dominar uma técnica para um momento específico de sua vida é algo relativamente fácil, porém alfabetizá-lo no sentido de favorecer sua autonomia é uma missão mais complexa. Quando Shamos fala desse cidadão alfabetizado, ele nos apresenta o objetivo pretendido ao final de um processo de alfabetização. Porém, o que vem a ser um bom processo de alfabetização científica?

Para responder essa pergunta, usaremos por base a ideia colocada por Sasseron que diz:

Ensinar ciências, sob essa perspectiva, implica dar atenção a seus produtos e a seus processos. Implica oportunizar o contato com um corpo de conhecimentos que integra uma maneira de construir entendimentos sobre o mundo, os fenômenos naturais e os impactos desses em nossas vidas. Implica, portanto, não apenas reconhecer os termos e os conceitos canônicos das ciências de modo a poder aplicá-lo em situações atuais, pois o componente da obsolescência integra a própria ciência e o modo como dela e de seus conhecimentos nos apropriamos. (SASSERON, 2015, p.52)

Sendo assim, é importante nesse processo de alfabetização que o docente leve ao aluno situações que envolvam os conteúdos e conhecimentos a serem aprendidos e, desta maneira, permita que ele experimente e dialogue com terceiros a fim de construir o conhecimento. Logo, as aulas meramente expositivas não são as mais adequadas à situação, precisando assim que o corpo docente busque uma metodologia que permita ao aluno construir seu próprio conhecimento.

Dentre as diversas possibilidades que a academia apresenta aos docentes, o Ensino por Investigação se enquadra, como uma “metodologia” de ensino emancipatória ao aluno. Todavia, para Sasseron (2015) o Ensino por Investigação perpassa, em sua composição, uma metodologia, pois podemos fazer inserções desse tipo nas mais diversas aulas e nos mais variados conteúdos.

Desta maneira, o Ensino por Investigação passa a ser entendido como uma abordagem metodológica, podendo ser associada a qualquer recurso de ensino, desde que priorize o

processo investigativo. Esse tipo de abordagem metodológica é de um alto grau de complexidade, pois exige do professor um acompanhamento proximal de seus alunos e de suas discussões, além de ser necessário que o docente valorize ações de pequenas magnitudes que possam contribuir com as discussões e possíveis soluções ao problema proposto/levantado. Deste modo, é importante que o planejamento das aulas e sua aplicação sejam feitos com muita cautela e que o professor use sua sensibilidade, experiência e destreza na condução de suas aulas.

Logo, adotando uma definição de Sasseron, temos que:

O ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculada a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor. (Sasseron, 2015, p.52)

Na abordagem didática do Ensino por Investigação, cabe ao professor a escolha da forma com que ele vai conduzir o discente à investigação de um problema científico. Reorganiza-se, assim, os papéis de professor e de aluno, cabendo aos alunos, por exemplo, papel central no que diz respeito à resolução de determinado problema; enquanto ao professor será deslocado para o papel mais de orientador/mediador. Cabe ao professor, nessa reorganização de funções, observar as construções do conhecimento, levando todas em consideração, e, ao final, formalizar o conceito estudado.

Essa autonomia dada ao aluno pelo docente é uma questão que levanta diversos estudos, e que ficou denominado como Graus de Liberdade Intelectual. Esses graus são uma forma de “medir” o quanto de autonomia o aluno recebe de seu professor. Para entendermos melhor sobre isso, vamos buscar compreender quais os graus de liberdade e como eles influenciam na sala de aula.

## **2.1 Graus de Liberdade**

A participação dos alunos para um bom processo ensino-aprendizagem já é algo reconhecido pelo meio acadêmico, porém ao chegarmos à educação básica podemos perceber que há professores que dão uma maior liberdade ao aluno e, em contrapartida, outros professores cerceiam essa participação. Todavia, de acordo com Carvalho (2018), o entendimento dessa liberdade intelectual do aluno é essencial à práxis docente, visto que é função do professor criar condições para que os alunos interajam com o material, com os demais e, partindo disso, que ele possa construir seus próprios conhecimentos.

Desta maneira, visando caracterizar os modelos metodológicos, foram produzidas três tabelas a partir dos estudos de Pella (1969 at al. Carvalho, 2018) e Borges (2004 at al. Carvalho, 2018). A primeira tabela (Tabela 1) trata dos graus de liberdade em atividades experimentais, a segunda sobre os graus de liberdade em aulas de resolução de problemas e a terceira sobre os graus de liberdade em situações de discussão de texto históricos (Tabela 2).

Tabela 1 - Graus de liberdade para atividades experimentais

<b>Momento</b>	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>	<b>Grau 4</b>	<b>Grau 5</b>
Problema	P	P	P	P	A
Hipótese	P	P/A	P/A	A	A
Plano de Trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção dos dados	A	A	A	A	A
Conclusão	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2018, p.768

A primeira coluna se refere a cada momento da aula, e as linhas ao responsável por cada momento, sendo professor (P) e Aluno (A). A partir da segunda coluna possuímos os graus de liberdade, sendo o primeiro grau o de menor liberdade intelectual, pois a maior parte da aula é de responsabilidade do professor. Por sua vez, o grau 5 seria o maior grau de liberdade intelectual, pois boa parte da aula é de responsabilidade dos alunos.

No grau 1, podemos colocar como exemplo as aulas tradicionais de experimentos onde o professor apresenta o problema, científico ou didático, ele mesmo faz o levantamento de hipóteses e, através de roteiros “fechados” os alunos devem reproduzir e coletar os dados já esperados que levam o professor a concluir a atividade. Entretanto, analisando o oposto, o grau 5 se apresenta como uma aula onde o aluno traz o problema, na sua maioria um problema real, levanta hipóteses e uma estratégia para colocar as hipóteses a prova e, por fim, com a ajuda dos colegas e do docente chegam a uma conclusão.

Quando falamos em uma alfabetização científica que gera emancipação ao aluno é possível entender que ela precisa ser uma educação que permita um maior grau de liberdade ao aluno. De forma semelhante, sequências de ensino por investigação devem privilegiar uma maior participação dos alunos, ou seja, que eles possuam um grau de liberdade intelectual mais elevado. Logo, como exemplo de uma sequência que tem um alto grau de liberdade intelectual por parte dos alunos temos a sequência de Ensino por Investigação que foi produzida pelo LaPEF e descrita no capítulo anterior.

Quando observamos o primeiro bloco, referente aos modelos, percebemos que o professor apresenta um problema que é o funcionamento de uma caixa e pede aos alunos,

após os primeiros contatos com o material, que levantem hipóteses sobre o mecanismo existente na caixa. Após a criação das hipóteses se inicia um debate para confrontar as diversas hipóteses levantada pelos discentes, tentando, através da argumentação científica dos alunos, um consenso. Logo, pudemos observar que, para essa aplicação, a liberdade intelectual do aluno está por volta do grau 3 ou seja, é uma aplicação que preza pela participação ativa do aluno e que tem o professor como mediador.

Tabela 2 - Graus de liberdade em situação de discussão de textos históricos

<b>Momento</b>	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>	<b>Grau 4</b>	<b>Grau 5</b>
Escolha do texto	P	P	P	P	A
Problematização	P	P/A	A/P	A	A
Leitura do texto	A	A	A	A	A
Análise do Texto	P	A	A	A	A
Conclusões	P	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Adaptado de Carvalho, 2018, p.770

De forma análoga com a tabela 1, essa tabela (Tabela 2) trás os graus de liberdade voltados a situação de discussões de textos históricos. Desta maneira, a coluna do Grau 1 apresenta o menor grau de liberdade atingido pelo aluno. Por consequência, a ultima coluna, o grau 5, é aquele que constata um maior grau de liberdade intelectual ao aluno.

Em situações classificadas como Grau 1, fica a cargo do aluno apenas a leitura do texto, ou seja, apenas um processo de “memorização” das informações ali contidas. Contudo, já no grau 5, o próprio texto é trazido pelos alunos, que além da leitura, conduzem as discussões e análises do texto, cabendo assim ao professor a função de mediador.

É importante observar que apesar de não ser algo novo, nem a FMC e nem o Ensino por Investigação estão ainda presente de forma concreta na educação básica. Por isso, iniciaremos agora a observar esses conceitos como inovações curriculares e, partindo dessa inovação, entender como ainda existe uma resistência voltada à essas inovações.

### 3 INOVAÇÃO CURRICULAR E FCM

Quando falamos sobre a inserção de Inovações Curriculares na educação é crucial que definamos qual o tipo de inovação será observado, pois essa temática é ampla e diversificada. Por isso, neste trabalho, chamaremos de inovação curricular o que se refere à inserção de novos aspectos didático-metodológicos e no que se refere à inserção de novos conteúdos.

Novidades assustam, em primeira vista, qualquer pessoa e na educação isso não seria diferente. Contudo, se faz necessária a implementação de novidades dentro da educação pois, o ensino é algo fluido e que precisa ser atualizado com o passar dos anos. Segundo Pietrocola, temos que:

Em primeiro lugar, os conhecimentos científicos estão em constante evolução e transformação. Isso implica que, de tempos em tempos, existe a necessidade de revisão dos conteúdos a serem ensinados. Em segundo lugar, porque há questionamentos originados da falta de eficiência inerente ao processo de ensino-aprendizagem (Pietrocola, 2010, p.1).

Essa evolução que implica em uma revisão de conteúdos também é, de forma direta ou indireta, a responsável por mudanças metodológica. Contudo, é crucial que lembremos dos principais agentes imputados nessa renovação e, por melhores preparados que estejam, que na carreira docente sempre será necessário se moldar às adversidades e evoluções sociais e científicas que surgirem ao longo dos tempos. Partindo dessa fluidez do ensino, precisamos preparar os docentes em atuação para que acolham as mudanças que forem apresentadas pela comunidade acadêmica e pelas legislações vigentes no decorrer de sua carreira. Ou seja, é preciso tornar os docentes seres críticos, reflexivos e independentes, a fim de serem capazes de escolher mudanças diante sua realidade.

Mas, além disso, se faz necessário, para a inserção de inovações curriculares, que haja a aproximação entre a universidade, berço da teoria, e a escola, berço da prática. Infelizmente essa relação vem se dissipando com o passar dos anos e a cada ano o abismo existente entre ambos aumenta, como apresenta Nóvoa (2017). Com isso, é necessário um esforço conjunto de ambas as partes a fim de estudar novas metodologias e novos conteúdos baseados nas necessidades apresentadas no ambiente escolar.

Essa preocupação com a relação universidade-escola surge pela formação do futuro profissional, pois será ele o responsável e acolher as inovações do momento. Por isso, para Nóvoa (2017) é preciso repensar tanto na formação do profissional como em um espaço para essa formação. Esse espaço deve ser híbrido e, de algum modo, deve fazer uma ligação entre a escola e a universidade, entre a teoria e a prática, entre a tradição e a inovação etc.

Olhando para a nossa situação atual, o Brasil passa por uma transição educacional de grandes proporções, visto que, a partir de 2022 estará em plena vigência a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe uma formação através de itinerários formativos. Esses itinerários podem ser organizados por área do conhecimento, na formação técnica e profissional ou, também, por habilidades e competências (BNCC, 2018). Desta maneira, é proposto que haja um olhar articulado entre os componentes curriculares afim. E, essa “interdisciplinaridade”, exigirá por parte dos docentes uma organização e uma relação mais próximas entre as “áreas do conhecimento”.

Partindo dessas mudanças na educação básica, será necessário reestruturar a formação dos futuros docentes e pensar em cursos de formação continuada para adequar os professores já em exercícios. Logo, o momento em que nos encontramos é propício para o levantamento de debates sobre a formação docente. Tanto em relação aos conteúdos quanto as metodologias.

Quando focamos nosso olhar para a FMC presente na formação dos professores, vemos que é ainda mais raro a prática (saber experiencial) na sua formação. Segundo uma pesquisa realizada Rezende Júnior e Cruz (2009) mostram que alunos de algumas faculdades possuem, em média, umas três disciplinas específicas de FCM e mais alguma que possua tópicos relacionados a FCM. Ao analisar a entrevista dos discentes os autores concluem que:

[...]fica evidenciado que apesar da quase totalidade dos entrevistados demonstrarem interesse em levar a FMC para a escola média, suas declarações são motivo de preocupações, sobretudo no que tange à respectiva formação inicial; há uma indicação, por parte dos entrevistados, de que os conteúdos devam ser trabalhados no final do EM(Ensino Médio) em função do nível cognitivo e maturidade dos alunos, o que pode refletir a cultura dos pré-requisitos e a tendência de repetição estrutural de sua formação, conforme já relatada em outros trabalhos (Rezende Junior & Cruz, 2009, p. 317)

Essa preocupação do “pré-requisito” por parte dos alunos pode nos levar a inferir que a formação desse docente ainda não esteja adequada, sendo ela uma formação mais tecnicista do que formativa para a docência. E isso pode ser observado pela perspectiva de Monteiro, Nardi e Bastos Filho, quando colocam que: “A partir das construções dos discursos dos professores, interpretamos que, em relação ao ensino da FMC, estiveram submetidos a uma formação que foram predominantemente delineada a partir dos preceitos da razão técnica” (Monteiro et al., 2013, p. 11).

Partindo dos pontos levantados sobre a fluidez do ensino, a formação atual de professores, a preocupação excessiva com os “pré-requisitos” e, devido a implementação da BNCC, estamos em um momento propício para o levantamento de discussões sobre a

formação de futuros professores. Para isso, é importante observarmos tanto os professores já graduados, os professores em formação para, após muitos debates e hipóteses levantadas, pensarmos na formação dos futuros graduandos. Logo, analisaremos nesse trabalho a mobilização de saberes por graduandos em licenciatura na aplicação de uma metodologia de ensino por investigação.

Como observaremos os saberes mobilizados para a práxis docente, é em primeiro lugar importante definirmos quais saberes iremos analisar para, só aí, conseguirmos alcançar nosso objetivo e responder quais os saberes que são mobilizados. Por isso, definiremos, com base em Maurice Tardif, os saberes docentes e como são obtidos durante a formação.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Formação Docente e seus saberes envolvidos

Seguindo uma linha temporal, baseada em Bozelli & Nardi (2012), percebemos que na década de 1940 e 1950 as pesquisas sobre o ensino eram voltadas ao campo psicológico. Nelas, o professor seria uma figura secundária, tendo em vista que o foco era o aluno. Tais pesquisas eram denominadas de processo-produto. Chegando por meados das décadas de 1960 e 1970, as pesquisas do tipo processo-produto ainda permaneceram fortes. Contudo, houve uma expansão nas pesquisas que se voltaram também para o professor. Nesse contexto, houve o surgimento de uma preocupação com os conteúdos específicos e, por consequência, a preocupação de formar bem os futuros docentes.

Devido a isso, nas décadas de 1980 e 1990, surgiram as primeiras mobilizações com relação à profissionalização do ensino, onde se passou a considerar que o professor possuía um repertório de conhecimentos profissionais que o tornariam apto ao exercício. No Brasil, em específico, essa discussão chega já na década de 1990 com um artigo de Tardif, Lessard e Lahaye publicado em 1991. Já na década de 2000, a partir da visita de Tardif, que as discussões sobre a formação de professores ganham força no Brasil.

Para Tardif, pesquisador renomado na área, há um saber dos professores que deve ser observado, dizendo ele que:

Devo dizer inicialmente que, para mim, a questão do saber dos professores não pode ser separada das outras dimensões do ensino, nem do estudo do trabalho realizado diariamente pelos professores de profissão, de maneira mais específica. Em todos esses anos, sempre situei essa questão do saber profissional no contexto mais amplo do estudo da profissão docente, de sua história recente e de sua situação dentro da escola e da sociedade. (Tardif e Lessard apud Tardif, 2014, p.10)

Portanto, é possível perceber, pela fala do autor, que há um saber específico dos professores e que este não pode ser dissociado das diversas dimensões da educação. Desta forma, é importante que possamos observar quais saberes os professores em exercício utilizam, para assim, podermos melhorar os profissionais que serão ainda formados. Todavia, devemos lembrar que os saberes usados pelos professores são extremamente plurais e que, mesmo assim, são eles que fazem o bom profissional.

Por outro lado, quando pensamos nos saberes dos professores é comum pensar em diversos saberes e que alguns deles sejam específicos de cada docente. Contudo, segundo Tardif (2014), temos que: “Os professores que encontrei e observei não colocam todos os seus saberes em pé de igualdade, mas tendem a hierarquizá-los em função de sua utilidade no

ensino” (TARDIF, 2014, p.21). Deste modo, é importante observar que há saberes mais importantes do que outros, qualificados assim pelos próprios professores em função de sua utilidade. Por quê então, não usar esses saberes mais mobilizados pelos docentes em serviço na formação os futuros docentes?

Ainda segundo Maurice Tardif (2014), é importante que entendamos que esses saberes não se reduzem apenas aos conteúdos programáticos que estão presentes no contexto escolar. Eles se referem a todo o conjunto de saberes desde a formação inicial e continuada, como também, das experiências em sala de aula. Com isso, o autor coloca três saberes providenciais para o exercício docente, sendo eles: Os Saberes Disciplinares, os Saberes Curriculares e os Saberes Experienciais.

#### **4.1.1 Os Saberes Docentes para Maurice Tardif**

Os Saberes Disciplinares são conhecimentos produzidos pela sociedade e pela academia científica que foram selecionados pelas instituições de ensino superior para a formação profissional dos futuros docentes. São saberes estes de caráter didático, psicológico, político e específicos de cada formação.

Por sua vez, os Saberes Curriculares são aqueles que estão presente na *práxis* docente. Portanto, aqui estão inclusos saberes como: os conteúdos programáticos, as metodologias utilizadas na escola, os objetivos da escola e entre outros. Todos estes saberes adequam o professor para o ambiente ao qual ele faz parte, tornando assim um ser inserido no ambiente escolar.

Por fim, os Saberes Experienciais são aqueles que advém da prática profissional e, a partir deles, moldam o professor em sala de aula. São experiências, próprias ou compartilhadas, que norteiam o docente diante de determinadas situações. Esse saber é intrínseco ao ambiente escolar, pois é o local de atuação do profissional ou futuro profissional.

Entretanto, é importante observar que o saber que o professor carrega consigo é plural e heterogêneo. Para tal, Tardif (2014) nos diz: “Saber Plural, saber formado de diversos saberes provenientes das instituições de formação, da formação profissional, dos currículos e da prática cotidiana, o saber docente é, portanto, essencialmente heterogêneo”.

Por conta dessa pluralidade, o autor propõe um modelo tipológico para a identificação e classificação dos saberes dos professores. Ele os organiza em um quadro trazendo também a fonte de aquisição do saber pelo professor e o modo de como integrar ao trabalho. O quadro por ser visto abaixo (Tabela 3):

Tabela 3 – Quadro dos saberes dos professores

<b>SABERES DOS PROFESSORES</b>	<b>FONTES SOCIAIS DE AQUISIÇÃO</b>	<b>MODOS DE INTEGRAÇÃO NO TRABALHO DOCENTE</b>
Saberes pessoais dos professores	A família, o ambiente de vida, a educação no sentido lato, etc.	Pela história de vida e pela socialização primária.
Saberes provenientes da formação escolar anterior	A escola primária e secundária, os estudos pós-secundário não especializados, etc.	Pela formação e pela socialização pré-profissional.
Saberes provenientes da formação profissional para o magistério	Os estabelecimentos de formação de professores, os estágios, os cursos de reciclagem, etc.	Pela formação e pela socialização profissional nas instituições de formação de professores.
Saberes provenientes dos programas e livros didáticos usados no trabalho	A utilização de “ferramentas” dos professores; programas, livros didáticos, cadernos de exercícios, fichas, etc.	Pela utilização das “ferramentas” de trabalho, sua adaptação às tarefas.
Saberes provenientes de sua própria experiência na profissão, na sala de aula e na escola	A prática do ofício na escola e na sala de aula, a experiência dos pares, etc.	Pela prática do trabalho e pela socialização profissional.

Fonte: Adaptado de Tardif, 2014, p. 63

A partir do quadro, é possível perceber a preocupação que o autor possui em explicitar não somente o saber referente ao docente, como também, sua aquisição e como ele o aplica na docência. Além disso, também percebemos que devido ao professor ser um ser social, que está incluso dentro de um meio, ele traz consigo saberes de sua experiência pessoal que são utilizadas para o profissional.

Essa pluralidade exposta por Tardif advém tanto dos aprendizados do professor por parte de sua formação como de sua experiência no seu campo de trabalho. Ou seja, é possível visualizar a participação conjunta da unidade formadora e do campo de atuação docente. Sendo assim, é importante que a formação ocorra de forma conjunta nos dois espaços.

Para isso, é importantíssimo que haja um diálogo entre as duas entidades a fim de facilitar e preparar cada vez melhor esses alunos. Essa visão é reforçada por Nóvoa, quando ele diz:

Para avançar no sentido de uma formação profissional universitária, é necessário construir um novo lugar institucional. Este lugar deve estar fortemente ancorado na universidade, mas deve ser um “lugar híbrido”, de encontro e de junção das várias realidades que configuram o campo docente. É necessário construir um novo arranjo institucional, dentro das universidades, mas com fortes ligações externas, para cuidar da formação de professores. (Nóvoa, 2017, p.1114)

Com isso, podemos entender que há uma relação umbilical entre teoria e prática, entre o campo formador e o campo de atuação profissional. Porém será que na prática da formação docente há de fato uma boa relação? Segundo Moraes e Henrique, temos que: “Entretanto, ainda se nota uma forte dicotomia entre teoria e prática na formação desses professores no Brasil e na aquisição e articulação desses saberes, principalmente para aqueles que atuam na Educação Profissional” (MORAIS e HENRIQUE, 2016, p.69).

Partindo disso, vemos que a formação docente realizada no Brasil é, em sua maioria, focada na parte dos saberes disciplinares e/ou saberes curriculares, mas, há uma escassez da parte prática, ou seja, dos saberes experienciais. Sendo assim, alguns futuros professores só ~~vêm~~ têm contato com a sala de aula nos anos finais de seu curso, apenas nas disciplinas de estágio.

Outro ponto a ser observado, é a questão da temporalidade desses saberes. Para Tardif (2014) os saberes docentes além de plurais são também temporais. Desta forma, é preciso que o futuro docente “aprenda” a ensinar, moldando-se, desta maneira, às novidades educacionais que surjam no decorrer de sua carreira profissional.

Com essas mudanças de caráter metodológicas, é necessário que o professor possua uma destreza de adaptação e, uma das formas de se conseguir essa destreza, é através sua formação inicial. Por isso, é crucial que em sua formação, o docente se depara com situações que o coloquem fora da normalidade, permitindo que ele crie um repertório de possibilidades, trazendo assim, maior desembrço e, por consequência, um menor temor por situações de inovação.

## 5 METODOLOGIA

Ao observarmos atentamente os trabalhos que encontramos na literatura é possível perceber, mesmo sem realizar uma análise detalhada, o quão sensível é a escolha de um caminho metodológico para realização de uma pesquisa. Na área de Ensino de Ciências é possível observar que a preocupação por um bom caminho metodológico é ainda mais preventivo, pois a busca pela veracidade dos fatos estudados leva os pesquisadores a seguirem caminhos específicos para sua pesquisa.

Visando pensar nesses caminhos metodológicos, partimos das ideias de Gil (2008), quando nos apresenta que: “Pode-se definir método como caminho para se chegar à determinado fim. E método científico como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento” (GIL, 2008, p.8). Logo, é possível entender que cada pesquisa tem um problema específico e, por consequência, objetivos distintos, além de diversos caminhos metodológicos a serem seguidos a fim de auxiliarem a resolver ou indicar possíveis soluções ao problema proposto.

Por isso, em primeiro momento, buscaremos esclarecer a natureza de nossa pesquisa, o que pretendemos com ela para, só aí, apresentarmos os caminhos escolhidos para resolução ou indícios de resoluções dos problemas. Sendo assim, buscaremos nesse capítulo descrever todo o método utilizado nessa pesquisa aplicada desde os objetivos até os procedimentos. Logo, visando uma melhor organização da apresentação de nossa metodologia, iremos subdividir esse capítulo em quatro etapas, que serão: 1- Natureza da Pesquisa; 2- Revisão da Literatura; 3- Obtenção dos Dados e 4- Critérios de Análises.

### 5.1 Natureza da Pesquisa

Podemos caracterizar a nossa pesquisa como Básica, pois, tomando por partida a definição trazida por Provdanov e Freitas (2013), temos que, a pesquisa básica é aquela que: “objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais” (PRODANOV e FREITAS, 2013, p.51).

Desta forma, pretendemos levantar dados e discussões sobre a inserção de FMC na formação de novos docentes. Entretanto, esse levantamento servirá de apontamento para outras pesquisas mais aprofundadas e, tem como objetivo, fomentar as discussões sobre a temática. Para isso, iremos nos apoiar na literatura, em dados obtidos e dos conhecimentos adquiridos durante o processo formativo.

## 5.2 Revisão da Literatura e demais textos

Segundo Prodanov e Freitas (2013), o pesquisador deve realizar um levantamento bibliográfico visando contextualizar e dar aporte ao seu embasamento teórico. Essa busca também deve nos apresentar pontos ainda não estudados sobre aquela temática, ou problemas ainda não resolvidos que podem vir a ser solucionados por uma nova pesquisa.

Sendo assim, realizamos, através da plataforma de pesquisa Periódicos Capes, um levantamento bibliográfico preliminar com o intuito de observar o que a comunidade acadêmica vem discutindo sobre a temática da Física Moderna e Contemporânea na educação básica e na formação de futuros docentes. Diante disto, utilizamos palavras-chave para realização das buscas, além de serem adotados apenas textos em língua portuguesa e, a fim de obter os artigos mais recentes, aplicamos um marcador temporal limitando a busca para artigos de 2006 em diante. A Tabela descreve as palavras-chave e a quantidade de artigos que foram pré-selecionados em cada busca, de acordo com a área que almejávamos estudar e sem repetições.

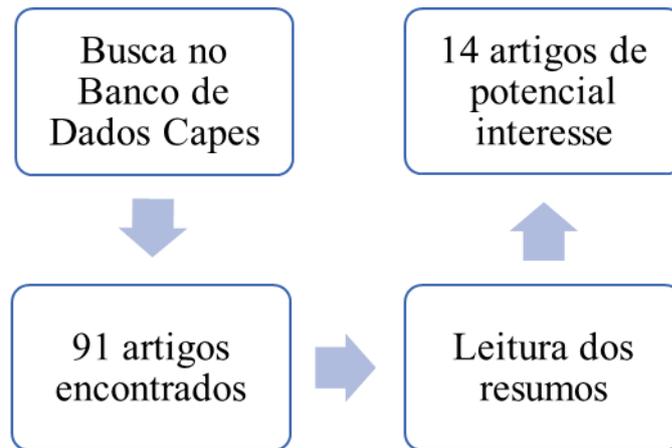
Tabela 4 - Tabela de artigos encontrados no levantamento da Literatura.

<b>Palavras Chave</b>	<b>Textos</b>
Física Moderna e Contemporânea X Ensino	29
Física Moderna e Contemporânea X Formação de Professores	7
Física Moderna e Contemporânea X Livro Didático	3
Física Moderna e Contemporânea X Sequência Didática	2
Mecânica Quântica x Ensino	44
Mecânica Quântica x Formação de Professores	2
Mecânica Quântica X Sequência Didática	2
Mecânica Quântica X Livro Didático	2
<b>Total</b>	<b>91</b>

Fonte: O Autor

Após executarmos a busca na plataforma, realizamos a leitura dos resumos de cada artigo em questão e, partindo disto, selecionamos aqueles que possuíam uma maior proximidade para com o interesse da nossa pesquisa. Com isso, reduzimos nosso banco de artigos para um total de quatorze artigos que foram organizados em uma tabela contendo: nome dos autores, título do artigo, ano de publicação, link de acesso e a data ao qual foi realizado o acesso. O caminho metodológico fica descrito no organograma a seguir.

Figura 2 - Fluxograma do caminho metodológico.



Fonte: O Autor

A partir dos 14 trabalhos de potencial interesse, foi realizada a leitura integral e realizada mais uma nova seleção separando um total de 5 artigos que foram utilizados nesse trabalho. Todavia, algumas obras utilizadas foram fruto da trajetória universitária ao longo desses últimos anos, desde artigos trabalhados em disciplinas curriculares até artigos discutidos em projetos de pesquisa.

Já para a discussão sobre os saberes docentes, utilizamos, na íntegra, o livro produzido por Maurice Tardif, intitulado: Saberes Docente e Formação Profissional. Logo, devido ao fato de utilizarmos uma obra integral, foi necessário realizarmos discussões e debates sobre a obra junto às reuniões de orientação.

Por fim, alguns artigos, voltados a alfabetização científica foram apresentados pelo orientador, porém, discutidos e selecionados em conjunto. Esses artigos, por sua vez, foram a base para construção de um capítulo e um subcapítulo desse trabalho.

### 5.3 Obtenção dos Dados

Mediante a pandemia da COVID-19, fez-se necessário a adoção de medidas cautelares a fim de conter uma situação de calamidade no sistema de saúde. Por isso, foram implantados “*lockdowns*” e medidas de distanciamento interpessoais gerando o fechamento do comércio, das escolas e de outras áreas da sociedade.

Como todos os fechamentos, em especial o das escolas, que passaram a funcionar na modalidade remota, nos vimos em uma situação que nos impossibilitou uma inserção que

geraria uma coleta de dados específica à pesquisa. Todavia, visando uma pesquisa prática, fizemos a utilização de dados que já possuíamos de pesquisas e trabalhos anteriores que utilizamos para fazer a análise.

Esses dados vieram de uma oficina produzida dentro do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e aplicada junto à uma turma do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Campina Grande-PB. Foi realizada uma gravação da aula e, além disso, foi pedido um relato aos bolsistas que realizaram a entrevista. Contudo, buscando a não exposição dos bolsistas, mesmo havendo termos de livre consentimento, serão dados nomes fictícios, mantendo assim assegurada à integridade dos envolvidos.

### **5.3.1 Oficinas**

A Oficina que gerou a coleta de dados foi montada tomando por base o primeiro bloco da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) que foi desenvolvida pelo LaPEF (Figura -1). Além da oficina que será analisada, nesse mesmo dia foram aplicadas outras duas oficinas, com base no mesmo material, que tratavam da: 1- Espectroscopia e 2- Propriedades Eletromagnéticas. A aplicação das oficinas foi realizada, com duração de 1h e 30 minutos, em um dia alternativo aos alunos da escola, além de ser realizada em um ambiente diferente do cotidiano dos discente, visto que foi realizada no departamento de Física da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

A oficina de estudo ocorreu com a participação de 10 alunas da rede pública e com a participação de 4 bolsistas, sendo dois deles auxiliares e dois principais (Professores). Para um melhor entendimento iremos descrever a baixo de forma sucinta as duas oficinas não escolhidas e, após a descrição, iremos fazer o detalhamento mais aprofundado da oficina escolhida para a análise.

#### **5.3.1.1 Oficinas de Espectroscopia e de Propriedades Eletromagnéticas**

A oficina de espectroscopia foi iniciada a partir da apresentação de uma caixa de lâmpadas (Figura – 4) e de espectroscópio que foram construídos pelos membros do projeto. Após as explicações iniciais, os discentes começam a realizar as observações dos espectros das lâmpadas e, com a diversidade de lâmpadas, que alguns desses espectros são “falhados” e outros não. Após as discussões sobre os espectros, foi entregue um material de apoio para leitura após o turno da oficina.

*Figura 3 – Caixa de Lâmpadas*



Fonte: O autor

A oficina de propriedades eletromagnéticas teve seu início com a apresentação de três pêndulos feitos com bolas de isopor, porém com objetos “desconhecidos” em seu interior. Logo, os alunos deveriam aproximar um ímã de cada pêndulo e, partindo da reação ao ímã, deveria levantar hipóteses sobre o que havia dentro de cada pêndulo. Depois de cada equipe fazer seu levantamento e haver uma discussão em conjunto, os alunos receberam um material de apoio em texto que deveria ser lido após as oficinas.

*Figura 4 - Atividade dos Pêndulo*



Fonte: <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/BlocoIII-Eletricidade-e-magnetismo.pdf>

### **5.3.1.2 Oficina de Modelos (Caixa Preta)**

A oficina de modelos iniciava com a apresentação dos bolsistas que conduziam a oficina e, logo em seguida, com a apresentação de uma “caixa” que seria o objeto de pesquisa naquela oficina. A partir daí, foram entregues aos alunos a “caixa” para que eles pudessem

observar seu funcionamento e, sem abri-la, iriam montar um modelo de funcionamento de acordo com a discussão do grupo.

Figura 5 - Caixa preta utilizada como problema para aula



Fonte: O Autor

Após todo o grupo discutir e levantar as hipóteses, foram entregues cartolinas a fim de cada grupo fizesse um esquema e pudesse apresentar para os demais. Cada grupo apresentou seu modelo, e ao final foi entregue um texto falando sobre a importância do modelo para as ciências. Todavia, a “caixa” não foi aberta, perpetuando assim a dúvida se o modelo apresentado era ou não válido, dando a entender que, como nas ciências, nem toda resposta vêm de forma imediata.

Porém, apesar de terem sido realizadas três oficinas simultânea, fizemos a escolha da oficina de modelos visando o início da SEI proposta pelo LaPEF e, devido a não participação do autor nessa oficina, ofertando assim uma análise imparcial dos dados obtidos. Logo, a análise será realizada a partir de vídeos e de relatos produzidos pelos próprios bolsistas, sobre suas impressões da oficina. Além disso, para a análise dos vídeos, devido a problemas na câmera o vídeo foi particionado em sete, foram feitas as transcrições dos diálogos (Anexos).

#### **5.4 A caixa preta como atividade investigativa e os Graus de Liberdade**

Quando pensamos no grau de liberdade no qual a oficina se enquadraria, tomando por base a tabela 1, podemos entender que é o grau 3, pelo fato de os bolsistas apresentarem o problema (momento 1) para, a seguir as alunas elaborarem as hipóteses em duplas (10 alunas, 5 duplas, momento 2), proporem uma solução (momento 3), apresentarem e discutirem a pertinência da resolução para as demais duplas e para os professores (momento 4) para, ao final, os bolsistas sistematizarem o conhecimento (momento 5).

A oficina também previa, em sua construção e preparação, a leitura de um texto, no entanto, foi impossibilitada pela falta de tempo. Porém, em seu planejamento também é

possível entender que o grau de liberdade dado ao aluno, seguindo a tabela 2, seria equivalente ao grau 3. Onde, o professor entregaria o texto a ser trabalhado aos alunos (momento 1), a problematização seria advinda da atividade, logo seria uma construção entre professor e aluno (momento 2), seguida pela leitura e análise do texto pelos alunos (momento 3 e 4) e, por fim, as conclusões finais seriam formalizadas por alunas e professores (momento 5).

### **5.5 Critérios de Análises**

Para analisar os saberes que são mobilizados pelos docentes na aplicação, utilizaremos os saberes trazido por Tardif e, como auxílio, tomaremos a figura 2 para nos balizar sobre os saberes. Desta forma, serão analisadas primeiro as transcrições provenientes dos vídeos, onde serão observadas as falas dos docentes e as interações com os discentes e, partindo disso, pretendemos realizar inferências sobre possíveis saberes mobilizados pelos docentes. Todavia, é importante lembrar que os discentes não serão avaliados.

Após a análise feita nas transcrições serão analisados os textos produzidos pelos próprios bolsistas, ao qual chamaremos de Professor 1 e Professor 2. Todavia, é importante apresentar que essa oficina foi preparada por 4 bolsistas, contudo apenas 2 tiveram participação ativa durante a aplicação, cabendo aos outros auxiliarem durante a aplicação.

## 6 ANÁLISE DE DADOS

Após obter os dados e levantados os critérios ao qual avaliariamos os dados, é preciso organizar, de forma coesa e conexa, toda a análise e, conseqüentemente, a interpretação da análise. Por isso, visando uma melhor organização da análise dos dados, esse capítulo será dividido em duas partes: 1- Análise do Vídeo e 2- Análise dos Relatos.

### 6.1 Análise do Vídeos

O trecho apresentado a seguir (Tabela 2) traz a fala entre os professores e os alunos e a análise referente aos saberes docentes presente nas falas dos docentes.

Tabela 4 - Trecho de dialogo analisado (momento das discussões).

<b>Sujeito</b>	<b>Trecho</b>	<b>Saber</b>
<b>Prof 2</b>	Quero que vocês tentem explicar. Vocês não sabem o que tem aqui dentro, né? Mas vão tentar explicar.	Curricular
<b>Aluna 1</b>	<i>A gente não vai saber não? Se vocês não disserem eu não vou dormir.</i>	<i>Não se aplica (N/A)</i>
<b>Prof 2</b>	<i>Vocês querem saber?</i>	Curricular
<b>Aluna 1</b>	<i>Eu quero.</i>	(N/A)
<b>Prof 2</b>	<i>Olha aqui! (apontando para o modelo feito pelas alunas)</i>	Pessoal
<b>Aluna 2</b>	<i>Eu volto para saber o que tem aqui dentro.</i>	(N/A)
<b>Aluna 1</b>	<i>A gente vai jogar isso no chão.</i>	(N/A)
<b>Prof 2</b>	<i>Não faz isso não, a gente ainda tem outra oficina.</i>	Pessoal
<b>Prof 2</b>	<i>Vocês querem saber? A gente vai conversar com vocês para ver se vocês chegaram no processo.</i>	Curricular
<b>Prof 1</b>	<i>Claro que eles vão saber olha aqui, como é o modelo.</i>	Curricular
<b>Aluna 1</b>	<i>Isso é como a gente pensa. A gente quer saber o que realmente tem.</i>	(N/A)
<b>Prof 2</b>	<i>Sua ideia não pode estar certa não?</i>	Curricular

Fonte: O autor.

Ao observarmos o trecho (tabela 2) acima é possível notar que foi gerada uma certa curiosidade nos alunos, contudo há também uma necessidade em saber uma resposta “correta”, que para o caso não existia. O fato de trabalhar com modelos já consumados na ciência pode ter inferido nos discente que há sempre uma verdade concreta, contudo ao analisarmos a história da ciência leva-se tempo até construirmos modelos que se assemelhem a realidade propriamente dita.

O fato do professor 2 utilizar uma fala com um saber pessoal, nos aparenta uma busca com a empatia da discente após ela afirmar que jogaria a caixa no chão. Isso é de muita relevância para entendermos a formação docente pois, é possível observar que a relação

professor-aluno não é apenas consolidada por meros conteúdos pré-estabelecido, mas por diversas situações e, como exposto por Tardif, diversos saberes.

Outro ponto também a ser levantado, é que o modelo da aula montada, seguindo o caminho metodológico do Ensino por Investigação e os graus de liberdade trazidos por Ana Maria de Pessoa Carvalho, leva a uma interação mais proximal entre o docente e o discente. Com isso, é possível perceber nesse e em outros trechos a utilização de saberes pessoais dos professores. Outro bom exemplo pode ser visualizado no trecho a seguir ():

Tabela 5 - Trecho do Dialogo analisado (momento conclusivo)

<i>Sujeito</i>	<i>Trecho</i>	<i>Saber</i>
<b>Aluna 2:</b>	Acho que foi Deus que quis assim então vai ficar assim.	(N/A)
<b>Aluna 1:</b>	Boa resposta.	(N/A)
<b>Aluna 1:</b>	Se Deus falou tá falado.	(N/A)
<b>Prof 1:</b>	ótimo. O que a gente observou é que quase todos os modelos se envolveram com mola.	Curricular e Pessoal
<b>Prof 1:</b>	está meio dessa pergunta sobre o conhecimento prévio é porque vocês conhecem uma mola vocês sabem o que é o amor você tem um conhecimento de como funciona uma mola. Quando você puxa você imagina uma mola é mais ou menos o funcionamento de uma mola comum	Curricular
<b>Aluna 1:</b>	Tem mola dentro não, né?	(N/A)
<b>Prof 1:</b>	Todos disseram que é uma mola, eu não sei	Curricular e Pessoal
<b>Prof 1:</b>	O meu é que foi Deus e pronto.	Pessoal
<b>Prof 1:</b>	A força divina da natureza.	Pessoal

Fonte: O autor.

Nesse trecho em específico, é possível observar que o professor 1 faz a utilização de um saber pessoal que já havia sido levantado anteriormente por uma aluna a fim de fazê-los se questionar sobre a existência ou não de uma mola. Essa utilização, permitiu ao professor retomar não apenas uma ideia de um aluno, mas um “modelo” enraizado em nossa sociedade pela religiosidade. O que reforça, mais uma vez, a aplicabilidade dos modelos nas mais

diversas áreas da vida e, também, como os saberes pessoais dos professores também interagem com seu magistério.

É importante observar que o professor 1, dentro de sua fala, corrobora, mesmo que de forma não intencional, com o ponto de vista da aluna. Porém, essa atitude da professora nos indica que houve uma falta de experiência da sala de aula, o que já era esperado devido a ser ainda um graduando.

Outra observação interessante está na fala do professor 1, quando utiliza de um ponto comum diante a fala dos alunos, a utilização de molas em seus modelos, e tenta explicar o porquê eles escolheram a mola e se o seu conhecimento já os ajudou. Essa tentativa, mesmo que sutil, de aproximar o aluno ao seu cotidiano e mostrar que sua escolha foi influenciada por um conhecimento físico, mesmo que inconsciente, pode ter tornado o seu modelo ainda mais consistente.

## 6.2 Análise dos relatos

Além dos dados observados nas filmagens, a fim de compreender melhor as situações pelas visões dos mesmos professores, foi pedido a feitura de um relato de experiência. Cada professor desenvolveu seu relato, porém será analisado apenas os dos professores 1 e 2.

Tabela 6 - Trecho do Relato (Professor 1)

Trecho do Relato – Professor 1	Saber
“Hoje tive a oportunidade de ter o meu primeiro contato com uma turma de alunos do ensino médio o que me deixou ainda com mais vontade de exercer a profissão que escolhi”	Pessoal
“fiquei muito satisfeita com o trabalho que realizei juntamente com meus colegas de curso [...] foi realmente uma experiência incrível.”	Pessoal
“[...]a oficina ocorreu de forma bastante agradável e da maneira em que avíamos pensado, a boa distribuição do tempo e a interatividade das alunas tornaram a oficina muito proveitosa.”	Pessoal e Curricular
“O que me deixou mais feliz foi exatamente o interesse e a curiosidade demonstrada acerca do que há dentro da caixinha”	Pessoal

Fonte: O autor

A primeira fala do professor um pode ser encarada como uma resposta as inferências feitas a partir do vídeo da oficina, onde foi levantado, em questão, a falta da experiência do professor referente ao exercício da docência. Logo, podemos observar o quão importante é saber experiencial a profissão docente, visto que é um fator essencial intrínseco no decorrer do magistério.

Tabela 7 - Trecho do Relato (Professor 2)

Trecho do Relato – Professor 2	Saber
“No mesmo dia no grupo da nossa equipe, discutimos o nome e como seria realizado a atividade, ao longo dos dias fomos modificando a nossa proposta para o tempo que tínhamos e o nosso público.”	Curricular
“O professor ‘Supervisor’, nos indicou a perguntar aos alunos qual conceito físico da física que eles teriam visto no decorrer do ano.”	Formação Profissional
“Inicialmente apresentamos a caixa e os deixamos a manusear.”	Curricular

Fonte: O autor.

Utilizando os dois trechos, é possível inferir que o professor 2 possui uma experiência de magistério superior ao do professor 1, apesar de ambos estarem em mesmo período. Isso se torna perceptível pois o professor 2 possui uma linguagem mais técnica e suas atitudes são mais bem elaboradas que o da professora 1.

Contudo, também podemos perceber que a atividade em questão foi uma possibilidade de construção de diversos saberes voltados ao magistério, como o saber curricular e o saber experiencial. Isso porque, o saber curricular se encontra presente na preparação da oficina e na preocupação em manter o foco no conteúdo sem fugas que prejudique o processo de ensino-aprendizagem.

Outro fator importante de ser observado é o fato de que a oficina pôde ser considerada exitosa, mesmo não trabalhando com um conteúdo programático de Física. Logo, é possível entender que mesmo sem a utilização de uma linguagem matemática, é possível que, com uma boa metodologia, conteúdos físicos de maior complexidade matemática, como a própria Física Moderna e Contemporânea.

## 7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Nos propomos durante todo o trabalho a apresentar como professores em formação, no caso de nossa análise voltou-se para bolsistas do PIBID, mobilizam os saberes docente diante de uma inovação curricular, ou seja, mediante a aplicação de um bloco pertencente a uma SEI que aborda FMC. Para isso, iniciamos nossa discussão passando pela caracterização da Alfabetização Científica, Ensino por Investigação, Inovações Curriculares e, como nosso referencial para nossa análise, os Saberes Docente apontados por Maurice Tardif.

Após a compreensão dos conceitos supracitados, a análise dos dados, que foram levantados a partir da aplicação da oficina estudada, foi realizada e, desta forma, pudemos inferir alguns saberes utilizados pelos professores durante a aplicação. Além disso, a diversidade de saberes apresentadas nos deixa a impressão que quanto mais ampla for as possibilidades ofertadas aos alunos de graduação, melhor será a sua formação.

Esperamos que esse estudo possa corroborar com as diversas discussões sobre a formação de professores, a inserção de inovações curriculares etc. Todavia, reconhecemos que a pandemia que nos assola acabou nos limitando a analisar apenas uma parte do primeiro bloco da SEI. Além disso, foi realizada apenas a análise de uma aplicação, ou seja, como análise quantitativa os nossos dados ainda são poucos, sendo melhor que fosse analisado a mesma aplicação com diferentes docentes aplicando.

No entanto, é um objetivo futuro expandir esse estudo de forma significativa, podendo ele ser feito de quatro formas. A primeira seria um estudo meramente quantitativo, onde o material proposto seria entregue a uma quantidade significativa de professores a fim de estudar os saberes mobilizados e, com os dados obtidos, levantar os principais saberes mobilizados em uma SEI.

A segunda forma seria a aplicação completa da SEI, permitindo assim não apenas a observação dos saberes mobilizados, mas também, observar como o professor evolui no decorrer da aplicação. A terceira forma, seria o melhoramento de uma SEI de autoria própria, baseado em uma sequência desenvolvida em uma disciplina curricular, e a análise dela de maneira semelhante a segunda forma. Essa sequência de autoria própria foi desenvolvida a fim de trabalhar com o Bosón de Higgs, seguindo uma SEI. E, a última maneira, seria a reaplicação dessa mesma oficina com os mesmos professores a fim de tecer comparações a respeito da evolução deles diante dos saberes docentes.

Logo, consideramos a pesquisa proposta neste trabalho como exitosa, mesmo mediante todas as adversidades encontradas e esperamos pode agregar a comunidade

acadêmica junto à temática de formação de professores. Também podemos considerar produtiva a oficina aplicada, além de ter sido um rico material para análise que poderá ser basilar para outros trabalhos que virão a ser realizados.

## 8 REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. dos S. C., CHESINI, T. S., & ROCHA FILHO, J. B. (2014). Alfabetização Científica. *CONTEXTO & EDUCAÇÃO*, 29, 4–26. <https://doi.org/2179-1309>

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ministério da Educação. 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em: 07 de julho de 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular:** Ensino Médio. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Ministério da Educação. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>> Acesso em: 07 de julho de 2021.

Bozelli, F. C., & Nardi, R. (2012). Saberes docentes mobilizados por futuros professores de Física em processos interativos discursivos. *Alexandria: Revista de Educação Em Ciência e Tecnologia*, 5(2), 125–150. <https://doi.org/10.5007/%0x>

DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765-794, 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barreto. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e na formação de professores: desencontros com a ação comunitária e a formação dialógica emancipatória. *Revista Electrónica de Investigación en Educación em Ciencias (REIEC)*. Tandil-AR, v.8, n.1,p. 1-13. Julho,2013.

Nóvoa, A. (2017). FIRMAR A POSIÇÃO COMO PROFESSOR, AFIRMAR A PROFISSÃO DOCENTE. *Cadernos de Pesquisa*, 47(166), 1106–1133. <https://doi.org/10.1590/198053144843>

PEREIRA, Alexsandro Pereira de; OSTERMANN, Fernanda. Recursos e restrições nas explicações de futuros professores de Física sobre Mecânica Quântica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*. Belo Horizonte – MG. v. 12, n.2. 2012. p.9-28.

Pietrocola, M. (2010). INOVAÇÃO CURRICULAR EM FÍSICA: TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A SOBREVIVÊNCIA DOS SABERES. In *A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias: Vol. III* (pp. 15–19).

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

REZENDE JUNIOR, Mikael Frank; CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Física Moderna e Contemporânea na Formação de Licenciandos em Física: Necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciências & Educação**, Bauru-SP, v.15, n.2, p.305-321,2009.

Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação E Argumentação: Relações Entre Ciências Da Natureza E Escola. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(spe), 49–67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. **CARVALHO, AMP et al. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning**, p. 1-27, 2010.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Editora Vozes Limitada, Petrópolis -RJ, ed. 17, 2012.

## 9 ANEXOS

### ANEXO I

#### Oficina de Modelos

<b>Vídeo 1</b>	
<b>SUJEITO</b>	<b>TRECHO</b>
<b>Prof 1</b>	Quando você puxa de um lado e uma em vez de vir aí, em vez de vir, ele volta assim e quando você Empurra ele também (pausa) ele entra.
<b>Prof 1</b>	O normal que você pensaria seria empurrar aqui e sair do outro lado, porém ele volta
<b>Prof 1</b>	Vocês vão mexer só não (fazer) nada nada bizarro. A nossas coisas é de modelo, nossa oficina é de modelo vocês vão criar um modelo para nos explicar e explicar para os colegas como é o funcionamento dentro da caixa.
<b>Prof 1</b>	Fiquem à vontade.

<b>VÍDEO 2</b>
Apenas ruídos referentes a discussões das alunas.

<b>VÍDEO 3</b>
Apenas ruídos referentes a discussões das alunas.

<b>VÍDEO 4</b>
Apenas ruídos referentes a discussões das alunas.

<b>VÍDEO 5</b>	
<b>SUJEITO</b>	<b>TRECHO</b>
<b>Prof 3</b>	Vocês têm caneta?
<b>Aluna 1</b>	Não.
	discussão entre as alunas
	As alunas analisam o meio da Caixa apertando para ver se algo interagem ou se possui algo rígido no local.
<b>Aluna 1</b>	É para colocar o quê entendeu professor?
<b>Prof 2</b>	O que você quiser.
<b>Aluna 2</b>	É obrigado a escrever?
<b>Prof 1</b>	Só se você quiser.
<b>Prof 2</b>	Se vocês já entenderam como funciona a caixa vocês vão aqui nesses quadros desenhar. Para tentar explicar o que tem lá dentro.
<b>Aluna 2</b>	Pode fazer a caixa tipo aberta?
<b>Prof 2</b>	Pode.
<b>Prof 1</b>	pode fazer o que você imaginar. O que você tiver imaginando que acontece aí dentro, você desenha. Você tem que trazer uma forma que explique para os colegas o que você está imaginando. Cada dupla vai explicar.
<b>Aluna 2</b>	ok
<b>Prof 1</b>	Vocês vão escrever aqui, o que vocês estão imaginando que acontece aí dentro.
<b>Prof 2</b>	Se vocês não quiserem escrever pode fazer anotação.
<b>Aluna 1</b>	Isso apaga?

<b>Prof 2</b>	Apaga. Eu acho que sim!?
<b>Prof 1</b>	<b>Professor 1:</b> Apaga!
<b>Aluna 1</b>	<b>Aluna 1:</b> Eu posso pegar aquela coisa ali para limpar aqui?
<b>Prof 1</b>	<b>Professor 1:</b> Pode.
<b>Prof 3</b>	<b>Professor 3:</b> Tem apagador aqui.
<b>Prof 1</b>	<b>Professor 1:</b> Pega outro quadro.
<b>Prof 2</b>	<b>Professor 2:</b> Pegar outro.
<b>Prof 3</b>	<b>Professor 3:</b> Esse aqui é melhor. Esse!

### VÍDEO 6

<b>SUJEITO</b>	<b>TRECHO</b>
<b>Aluna 1</b>	É porque a gente pensou em várias formas aí a pessoa fica juntando
<b>Aluna 2</b>	A gente sabe que tem uma mola a gente só não sabe a estrutura que ela tá.
<b>Prof 3</b>	Que mais?
<b>Aluna 2</b>	Só isso.
<b>Prof 1</b>	Muito bem, parabéns.
<b>Prof 1</b>	Vocês vão ser os primeiros a apresentar então?
<b>Prof 1</b>	Vocês estão bem encaminhadas, né?
<b>Prof 1</b>	Você estava olhando é a gente vai olhar agora.
<b>Prof 1</b>	Como estamos?
<b>Aluna 2</b>	Bem.
<b>Prof 1</b>	Uma janela

<b>Aluna 2</b>	Gostasse?
<b>Prof 2</b>	Já terminou de vocês?
<b>Aluna 2</b>	Não!
<b>Prof 2</b>	Qual a ideia de vocês?
<b>Aluna 1</b>	A gente acredita que tenha só uma mola. Que faz elas se ligarem quando a gente puxa assim. Só que elas não estão retas dentro.
<b>Aluna 2</b>	Estão isoladas é uma estrutura?
<b>Aluna 1</b>	A gente vê em relação a isso e é isso.
<b>Prof 2</b>	Dá para perceber isso? segurar mola?
<b>Aluna 2</b>	Ele tá meio que tipo, para pressionar e puxar a mola.
<b>Prof 2</b>	Você vai explicar isso aí para a gente discutir.
<b>Prof 2</b>	Se quiser em outra folha, pode pedir ela em folha.
<b>Prof 2</b>	Bota as ideias de vocês aí
<b>Prof 2</b>	Botou o nome de vocês.
<b>Aluna 3</b>	A gente só colocou como a gente acha que é composto.
<b>Aluna 3</b>	Como a gente acha?
<b>Prof 2</b>	Se você já chamar legal falar.
<b>Prof 2</b>	Vocês vão essa folha é só para você explicar em suas ideias para quando eu for explicar.
<b>Prof 2</b>	Vai ficar mais fácil.
<b>Prof 2</b>	Desenhou direito
<b>Prof 2</b>	Para que se uma seta?
<b>Prof 2</b>	Isso é uma seta?

<b>Aluna 4</b>	É isso aqui! (aponta para uma parte da caixa)
<b>Aluna 3</b>	Para indicar tem alguma coisa aqui dentro?
<b>Prof 2</b>	E o que é isso?
<b>Aluna 3</b>	É só para dizer que tem um arame.
<b>Prof 2</b>	Mas tem um arame aí?
x	(Aluna explica o funcionamento da Caixa.)
<b>Prof 2</b>	Tem uma mola daqui para cá?
<b>Aluna 3</b>	Não
<b>Prof 2</b>	como?
<b>Prof 2</b>	Tem que chegar a uma conclusão
<b>Prof 1</b>	Chegamos a uma conclusão?
<b>Aluna 2</b>	<b>Explica porém inaudível para a captação</b>
<b>Prof 1</b>	Certo
<b>Prof 1</b>	Sim
<b>Prof 1</b>	Certo
<b>Prof 1</b>	Bom
<b>Prof 1</b>	Não, sério.
<b>Prof 1</b>	Concretizem o que vocês falaram agora.
<b>Prof 1</b>	Assim, a gente tá discutindo modelo. Vocês não vão dizer como está aqui realmente mas não poderia ser. O que se espera de várias formas de vários jeitos de explicar?
<b>Prof 1</b>	Vocês vão concluir algo.
<b>Prof 1</b>	A menina disse que isso está aqui para confundir.

<b>Prof 2</b>	Meu papel na vida confundi as pessoas.
<b>Prof 2</b>	É bom confundir porque elas começam a pensar
<b>Aluna 5</b>	Aí no caso.
<b>Aluna 5</b>	Quando elas se encontrarem.
<b>Prof 1</b>	Isso aqui está preso?
<b>Aluna 5</b>	Isso.
<b>Prof 2</b>	Desse jeito. Legal, parabéns.
<b>Prof 2</b>	Eu não sei se tá certo não.
<b>Prof 1</b>	É como eu falei para elas nós estamos trabalhando com modelo mas vocês não vão adivinhar o que tá aí dentro existe várias formas vocês tem mais não apenas uma forma do que tá aí as meninas imaginaram da forma
<b>Prof 2</b>	Quero que vocês tentem explicar. Vocês não sabem o que tem aqui dentro, né? Mas vão tentar explicar.
<b>Aluna 1</b>	A gente não vai saber não? Se vocês não disse eu não vou dormir.
<b>Prof 2</b>	Vocês querem saber?
<b>Aluna 1</b>	Eu quero.
<b>Prof 2</b>	Olha aqui! (apontando para o modelo feito pelas alunas)
<b>Aluna 2</b>	Eu volto para saber o que tem aqui dentro.
<b>Aluna 1</b>	A gente vai jogar isso no chão.
<b>Prof 2</b>	Não faz isso não, a gente ainda tem outra oficina.
<b>Prof 2</b>	Vocês querem saber? A gente vai conversar com vocês para ver se vocês chegaram no processo.
<b>Prof 1</b>	Claro que eles vão saber olha aqui, como é o modelo.

<b>Aluna 1</b>	Isso é como a gente pensa. A gente quer saber o que realmente tem.
<b>Prof 2</b>	Sua ideia não pode estar certa não?
<b>Prof 1</b>	Se você não acha que tá certo, aí você quer descobrir o Real. Por que você acha que tá dançando assim?
<b>Prof 1</b>	Você tem que estar pensando que está correto.
<b>Prof 1</b>	Concluimos aqui.
<b>Prof 1</b>	Muito bem. Exatamente.
<b>Prof 1</b>	Tá perfeito
<b>Prof 1</b>	Prontinho. A gente vai começar apresentar.
<b>Prof 1</b>	Vamos ser o primeiro para apresentar?
<b>Prof 1</b>	Vamos começar apresentações. Já temos grupos concluídos, né? Eu enumerei aí.
<b>Prof 1</b>	As telas dos que foram termiando ai nós vamos começar.
<b>Prof 1</b>	E vamos começar as apresentações com primeira grupo que é.
<b>Prof 2</b>	Wellington e Nicole
<b>Prof 1</b>	Prestem atenção todo mundo no pensamento que as meninas tiveram.
<b>Aluna 1</b>	A gente pensou duas coisas
<b>Aluna 1</b>	Primeiro que a caixa não está dessa forma que
<b>Aluna 1</b>	Assim, tá vendo?
<b>Aluna 1</b>	Aí tem uma mola
<b>Aluna 1</b>	Só que existe um eixo no meio.
<b>Aluna 1</b>	Aí mola está desligado a eles e quando puxasse ela ele meio que enrolado no meio e quando puxasse ele puxou os dois.

<b>Aluna 2</b>	Quando puxar, puxar os dois.
<b>Aluna 2</b>	Se você Empurra, ele empurras os dois.
<b>Aluna 1</b>	Os professores.
<b>Aluna 2</b>	Confundiram nossa mente.
<b>Aluna 1</b>	Que, no caso, existem duas molas. no caso a caixa em pé
<b>Aluna 1</b>	São duas molas no caso, um aqui em cima e outra no eixo.
<b>Aluna 1</b>	E, quando puxar, vai ter um giro no eixo.
<b>Aluna 1</b>	E só, gente
<b>Prof 1</b>	A gente queria que você explicasse se vocês transaram pensamento físico, alguma coisa que vocês acham que tem a ver com a física.
<b>Aluna 1</b>	Sim
<b>Aluna 2</b>	Na hora a gente precisa física não porque a gente não gosta de física.
<b>Aluna 2</b>	A gente pensou em lógica foi mais a lógica da mola e tudo mais.
<b>Prof 2</b>	Os conhecimentos anteriores, né? Você trouxeram esse conhecimento para cá?

### VÍDEO 7

<b>SUJEITO</b>	<b>TRECHO</b>
<b>Aluna 6</b>	Muito tímida.
<b>Aluna 6</b>	Bom na primeira parte que ela mostrou essa é a caixa por fora. Sem os dois arames aqui e a parte interna. A gente, eu e ela, formulamos uma ideia na cabeça que tem uma mola Central aqui no meio.
<b>Aluna 6</b>	E esses dois arames se envolvem na mola.
<b>Aluna 6</b>	E aqui em cima que vocês podem notar tem um arame Zinho que dá para

	sentir pelo dedo.
<b>Aluna 6</b>	Quem tá sendo simbolizado por esse pontinho que eu coloquei aqui em cima. A gente acha que são dois arames não é um só. Quem tá precisando essa mola e querer se prender aqui e gera esse efeito.
<b>Prof 1</b>	E aí o pensamento do fisco que vocês atualizaram ou algum conhecimento prévio que vocês atualizaram.
<b>Aluna 6</b>	Não eu coloquei eu tomei dúvida e também quando a gente puxa.
<b>Aluna 6</b>	A gente sente que ela volta.
<b>Aluna 6</b>	Foi basicamente isso.
<b>Aluna 4</b>	O desenho não tá lá aquelas coisas mas tudo bem o pensamento da gente foi que tinha dois arames.
<b>Aluna 4</b>	Só que não é só arames, mas aconteceram tivesse prendido na ponta. E fossem duas molas.
<b>Aluna 4</b>	Só que a parte de baixo subia e a outra vinha por cima tendo um eixo ligando elas.
<b>Aluna 4</b>	Aí, fazia. (pausa)
<b>Aluna 4</b>	Eu esqueci a lei de Newton que eu pensei no começo
<b>Prof 1</b>	Ação e reação?
<b>Aluna 4</b>	Acho que é.
<b>Aluna 4</b>	Foi dado na aula do primeiro ano do ano passado que era quando um corpo ligado com outro vai com a mesma intensidade.
<b>Prof 1</b>	Parabéns.
<b>Prof 1</b>	Próximo
<b>Prof 1</b>	Vocês podem ir para avisar viu gente?

<b>Prof 1</b>	Pode ser vocês.
<b>Aluna 2</b>	Professora, o de você está melhor do que o da gente.
<b>Aluna 2</b>	Você tem noção do que é isso?
<b>Prof 2</b>	Sim é uma caixa.
<b>Aluna 8</b>	Gente, vocês estão vendo aqui o negócio.
<b>Aluna 7</b>	A gente acha que tem uma mola e tem uma passagem de ar.
<b>Aluna 7</b>	Quando a gente puxa ele entra. Ele afunda como se tivesse adentro como se houvesse um choro.
<b>Aluna 7</b>	E a gente acha que tem uma mola mesmo.
<b>Aluna 7</b>	E tá meio torto.
<b>Aluna 7</b>	Isso aqui tá mais para cima aqui tá mais para baixo aqui é a caixa o furo a mola.
<b>Prof 1</b>	Você acha que eu te levar algum pensamento prévio de vocês um conhecimento que você já estudaram? Vocês colocaram molas?
<b>Aluna 8</b>	Porque quando você puxa segura porque quando você puxa ele volta e quando você Empurra ele volta então tem alguma coisa que acidente como se fosse uma mola.
<b>Aluna 7</b>	Ou é tudo coisando aqui dentro
<b>Aluna 7</b>	A gente pensou em um arame que não tem nada a ver com aranha uma bola que tem aí dentro.
<b>Aluna 7</b>	A gente viu esses catombos.
<b>Aluna 8</b>	Só tristeza.
<b>Prof 1</b>	Parabéns.
<b>Aluna 9</b>	Aqui a gente não chegou no pensamento certo, mas o nosso modo de ver não

	são uma só.
<b>Aluna 9</b>	São duas molas, e tem uma haste aqui que está ligada nessas duas.
<b>Aluna 9</b>	Quando puxa empurra outra para fora também.
<b>Aluna 9</b>	Quando eu acordar para dentro outra puxada agora exatamente como acontece a gente não sabe
<b>Aluna 10</b>	A gente chegou numa conclusão, mas ele acha que tem uma mola dentro com algo que sustenta.
<b>Aluna 9</b>	Para mim são duas e seguranças ao mesmo tempo. Aí quando uma puxa. Isso aí vai puxar outro também.
<b>Prof 1</b>	Parabéns.
<b>Prof 1</b>	Vocês querem falar de algum conhecimento prévio que você estiver dentro do modelo?
<b>Aluna 9</b>	Não vamos mais pela lógica. Deve ser alguma coisa muito simples.
<b>Aluna 1</b>	Vai ficar gente sem dormir complicado esperando querendo saber o que que tinha na caixa.
<b>Prof 1</b>	Pelo pouco tempo que a gente tem gente vai dar uma um texto sobre modelo científico e o que são modelos certo. A gente tinha preparado para ler com vocês, mas vamos entregar para que você possam ler em casa.
<b>Prof 1</b>	E quem tiver interesse.
<b>Prof 1</b>	A gente vai discutir apenas se você mudou de ideia, o que que você achou do modelo do seu colega
<b>Prof 1</b>	Se você acha que depois da apresentação você pensa que é de outra forma e a gente vai tentar entrar num consenso de como funciona a caixinha.
<b>Aluna 4</b>	Na folhinha tem dizendo como é que funciona?
<b>Aluna 1</b>	Vocês não vão explicar?

<b>Aluna 1</b>	A gente não vai dormir hoje não moça.
<b>Prof 1</b>	Vocês vão ler o texto, aí vão ver se tem a resposta.
<b>Prof 2</b>	Será que a resposta não a pergunta?
<b>Prof 2</b>	Será que a pergunta não resposta?
<b>Aluna 1</b>	Eu juro que eu vou precisar essa caixinha em casa
<b>Prof 2</b>	Ola aí, coisa boa.
<b>Prof 1</b>	Vamos discutir cada um vai falar agora individualmente sobre os seus pensamentos. O que achou da apresentação dos outros. O que se você mudar de ideia se você acha que a sua é que tá certo.
<b>Prof 1</b>	Quem quer começar?
<b>Aluna 3</b>	Começar o quê?
<b>Prof 1</b>	A discutir se depois dessa trabalhando Estações você convenceu de outros modelos, o senhor está certo.
<b>Aluna 4</b>	Eu acho que eu só vou saber alguma coisa mais séria do senhor esse texto.
<b>Prof 2</b>	Não tem resposta do texto.
<b>Aluna 3</b>	Eu continuo achando que a mola tem são duas molas e tem uma estrutura nelas.
<b>Aluna 3</b>	Eu tô achando que ainda tem a lei da ação e reação aqui e quando puxa um outro também senti a força.
<b>Aluna 7</b>	Acredito que seja o modelo dela.
<b>Prof 1</b>	Vocês acham que mudaram seu modelos?
<b>Aluna 2</b>	Eu não mudaria o meu modelo problema, seu e outra coisa,
<b>Aluna 2</b>	acho que foi Deus que quis assim então vai ficar assim.
<b>Aluna 1</b>	Boa resposta.

<b>Aluna 1</b>	Se Deus falou tá falado.
<b>Prof 1</b>	Otimo
<b>Prof 1</b>	O que a gente observou é que quase todos os modelos se envolveram com mola.
<b>Prof 1</b>	Está meio dessa pergunta sobre o conhecimento prévio é porque vocês conhecem uma mola vocês sabem o que é o amor você tem um conhecimento de como funciona uma mola. Quando você puxa você imagina uma mola é mais ou menos o funcionamento de uma mola comum
<b>Aluna 1</b>	Tem mola dentro não, né?
<b>Aluna 1</b>	Tem mola não tem?
<b>Prof 1</b>	Todos disseram que é uma mola, eu não sei
<b>Prof 1</b>	O meu é que foi Deus e pronto.
<b>Prof 1</b>	A força divina da natureza.
<b>Prof 1</b>	Mas vocês todos entrando em conclusão de que tinha uma mola.
<b>Aluna 3</b>	Eu acho que tem um eixo aqui dentro para segurar a mola senão ela ficaria só que não teria atração.
<b>Prof 1</b>	Justamente
<b>Aluna 3</b>	Sabe que é Deus né.
<b>Prof 2</b>	Não
<b>Aluna 3</b>	Vão tudo inferno que eu também entendo existe inferno.
<b>Prof 1</b>	Leia um texto
<b>Aluna 1</b>	Como é o nome dessa caixinha?
<b>Prof 2</b>	Caixinha.
<b>Prof 1</b>	Por favor, leia um texto.

<b>Prof 1</b>	Provavelmente depois que vocês lerem o texto
<b>Prof 1</b>	Vocês vão ler o texto vocês vão concluir todo mundo vai concluir a mesma ideia todo mundo depois vai saber. Ah, é isso?
<b>Prof 1</b>	Vamos nos juntar para a gente tirar uma foto da oficina.

## Anexo II – Bloco de Modelos

### 9.1 BLOCO I - OS MODELO NO COTIDIANO E NA FÍSICA

#### Recurso de Ensino 1

#### QUESTÕES SOBRE A CAIXA PRETA

- 1 - Faça uma representação (um desenho) do que você acredita ser encontrado dentro desta caixa preta e que seja capaz de explicar coerentemente o que ocorre com os pedaços de madeira.
- 2 - É possível “ver” dentro da caixa-preta?
- 3 - Se não pode vê-la por dentro, como consegue descrever o que havia lá?

#### Recurso de Ensino 2

#### O QUE SÃO MODELOS?

Será que existe algo em comum entre a Gisele Bündchen, um aviãozinho de brinquedo da 2ª Guerra Mundial e a Física?

A intenção deste texto é mostrar que sim. O que une três coisas tão diferentes é a idéia de **modelo**.

Certamente você já ouviu diversas vezes esta palavra, porém vamos analisá-la um pouco mais. Antes, pare um pouco e responda: O que você imagina ao ouvir a palavra modelo?

Ah, e você sempre imagina a mesma coisa, independentemente de onde esta palavra está sendo usada?

Como você já deve ter notado, ela parece ter mais de um sentido. Então, vamos ver alguns dos significados que essa palavra tem e, assim, responder à pergunta inicial.

A palavra “modelo” sempre aparece com vários significados, indo desde um objeto que se copia em escultura ou pintura, ou a representação, em um tamanho pequeno, daquilo que se quer executar em tamanho maior, passando pela idéia de um comportamento ideal (sempre querem que todos sejam alunos-modelo...) chegando até mesmo à moda, com “suas” modelos desfilando nas passarelas. Assim, esta palavra sempre traz aspectos diferentes da realidade, todos criados pelo homem.

Começemos pelo mais legal; as modelos (ou os modelos), óbvio. Quase sempre é a primeira coisa que “vemos” em nossa mente ao ouvir a palavra “modelo”, independente do ambiente em que estejamos. Ao vermos um desfile de modas, seja na TV ou ao vivo, podemos sentir duas coisas completamente opostas. Inicialmente fica-se babando pelas moças (ou moços) lindas que desfilam. Depois de um tempo, esta “admiração” passa. Isso acontece justamente porque quando prestamos um pouco mais de atenção percebemos que as modelos nem se parecem muito com as mulheres (ou homens) normais que vemos diariamente. Os rostos são maravilhosos, mas os corpos... Além de

extremamente magras, fica claro que são artificiais, já que uma “mulher normal” nunca teria tantas costelas à mostra.

Com isso, podemos dizer, então, que se trata da construção de um padrão de beleza, de uma idealização da mulher (ou homem) perfeita. Ou seja, as modelos são objetos construídos pelo homem.

Assim, as modelos têm a pretensão de representar um pedaço da realidade, as mulheres. Logo, construir qualquer tipo de modelo é tentar se aproximar do mundo real. Alguns têm mais sucesso que outros, uns se aproximam mais ou menos do que se deseja representar e, assim, seguimos construindo padrões.

Você já viu ou brincou com algum Kit Revell? São pequenos kits para montar, feitos de plástico, de aviões, navios, automóveis ou motocicletas. Existem pequenos aviões da 2ª Guerra Mundial que são fantásticos. Qualquer um fica fascinado com a riqueza de detalhes de que são feitos. O mais legal é que você mesmo monta o avião e depois tem que pintá-lo. Assim, é importante saber a cor original, as insígnias dos esquadrões, suas numerações e por aí vai. Com isso, entra-se em uma realidade que não é mais a nossa. Tomamos contato com algo distante, de outra cultura e de outro tempo.

O aeromodelo é a representação de algo real, ou seja, não é um avião, mas o representa bem, chega perto do que vem a ser um, pelo menos na aparência. Existem aeromodelos (e modelos) mais sofisticados que outros. Você mesmo pode melhorar o seu fazendo, por exemplo, as marcas que os pilotos colocavam ao lado das janelas representando o número de aviões inimigos abatidos. Alguns são mais modernos, feitos com um material diferente, e alguns, os inacessíveis de tão caros, voam de verdade, por controle remoto.

Assim, tanto as modelos das passarelas, bem como estes aviões, são uma tentativa humana de fazer uma tradução de algo que vive escondido em nossas idéias, em outras culturas, outros tempos e na própria natureza.

Construir modelos seria então dar realidade (dar “vida”) a algo que só existe, supostamente, em nossa mente. Um modelo, então, pode ser a representação de uma série de coisas. Desde uma idéia (a mulher perfeita), de um objeto (avião) ou de um processo (fases da Lua, estações do ano, etc.).

Bem, e onde a Física entra nessa história toda? Isso é o que veremos agora.

### **Os Modelos na Ciência**

Vimos que os modelos podem representar desde uma idéia individual até objetos, como brinquedos ou peças de museus. Você já viu um planetário? Pois é, são modelos de planetas, criados a partir de teorias feitas por físicos.

Assim, a ciência também faz uso da modelagem. Um cientista cria modelos para representar uma parte da realidade que ele investiga. Por exemplo, todos sabem que o homem já foi à Lua, na década de 60. Mas, foi somente há alguns anos que uma sonda, não tripulada, foi enviada à Marte. Porém, os cientistas “conhecem” o Planeta Vermelho há séculos!! Ninguém nunca foi lá, boas fotos de satélites existem apenas há uns 10 anos, como então os cientistas podem saber sobre o clima, tipo de solo, período da órbita, atmosfera, e outras coisas desse tipo? Simples, através dos modelos que criam.

Agora, preste muita atenção no que talvez seja a parte mais importante deste texto. Um cientista para construir seus modelos não precisa utilizar somente materiais sólidos como plásticos, isopor ou madeira. Ele faz uso principalmente de conceitos e relações. São a matéria-prima da ciência. São “materiais” intelectuais, construídos pela imaginação e pela razão. Muitas vezes, estes conceitos são parecidos com coisas visíveis como, por exemplo, o conceito de partícula. É quase imediato “vermos” uma bolinha ao lermos a palavra partícula, não é mesmo?

Porém, na maioria dos casos não se pode mais fazer uso da visão para construir modelos. Um átomo, por exemplo. Você deve ter aprendido que ele tem um núcleo constituído de prótons e nêutrons e fica rodeado de elétrons. Algum cientista “viu” isso? Com os olhos não, pois isso é impossível. Nem mesmo utilizando o mais potente dos microscópios! Eles o “vêem” através dos modelos que constroem. Comparando-os com as experiências que realizam eles são capazes de criar uma “imagem” do átomo, indo muito além do que os nossos sentidos nos revelam. Imagem não apenas no sentido de forma, como um retrato do átomo. Mas, principalmente, os modelos permitem identificar propriedades, características e comportamento destes átomos. Os modelos atômicos são, então, construídos sem a ajuda da visão.

Para isso, o cientista utiliza uma ferramenta intelectual ainda mais poderosa: a matemática. Ela passa a ser, então, o constituinte destes modelos. Logo ela, que parece que não serve para nada... engana-se, e muito, quem pensa assim.

Desta forma, a única maneira que o físico tem de acessar a realidade é justamente através dos modelos que ele cria. Para cada teoria tem-se um modelo mais competente, mais de acordo com o que se pretende explicar. Da mesma forma, na moda, as modelos magrelas, quase pele e osso, parecem representar melhor o universo feminino da alta-costura hoje em dia. Mas nem sempre foi assim. As gordinhas já foram também consideradas padrão de beleza de outra época, que por sinal deveria ser bem mais feliz para as mulheres. Vemos então, que há uma dinâmica na construção e manutenção destes modelos. Assim, alguns são modificados, outros são abandonados e surgem alguns mais novos, mais sofisticados, seja na física, no mundo da moda ou no aeromodelismo, mas cada dinâmica com suas regras.

No mundo da moda estas regras são arbitrárias, ditadas pelo gosto de alguns. A saia curta que no ano passado foi um sucesso, e todas as mulheres usavam, este ano será dita “fora de moda” e, assim, ficará esquecida no canto do guarda-roupas até que volte a fazer sucesso um outro ano qualquer. Porém, as regras são bem rígidas no mundo da ciência. Não é questão de gosto um modelo científico “fazer mais sucesso” que outro.

Hoje, qualquer estudante sabe que a Terra gira ao redor do Sol. Porém, durante mais de dois mil anos era considerado o oposto. A Terra não deixou de ser o centro do sistema solar porque saiu

de moda para dar lugar ao Sol. Acontece que o modelo Geocêntrico, nome difícil para dizer que a Terra (Geo) era o centro (cêntrico), não era capaz de explicar uma série de fenômenos, como a órbita de alguns planetas. Assim, ele acabou sendo superado por outro modelo: o Heliocêntrico. O Sol (Hélio) era agora o centro. Esse novo modelo dava conta de explicar de uma maneira bem melhor estes fenômenos, bem como prever uma série de outros que, mais tarde, foram verificados.

Isso mostra que todo modelo científico proposto é testado incansavelmente, inúmeras vezes. Todas as informações que ele fornece são confrontadas com dados obtidos experimentalmente. E basta apenas um destes dados não bater para que o modelo seja colocado em xeque. É um mundo bem mais agressivo que o mundo das passarelas, pode ter certeza disso.

Para terminar, vamos falar um pouco sobre a Gisele Bündchen. Todo seu sucesso é por que ela é, atualmente, o modelo de mulher perfeita. Ela não é extremamente magra como a maioria das outras modelos (basta ver suas curvas), ficando mais próxima da mulher real. Porém, ela se aproxima tanto que se torna quase irreal.

Como veremos mais tarde em nossas aulas, ela seria como um modelo qualquer da Física Moderna. Descreve corretamente o que se quer representar na natureza, mas foge aos nossos sentidos, parecendo ser um absurdo, algo difícil de acreditar que existe. Mas existe!!

Agora, podemos responder a pergunta inicial, ligando a Gisele e um aviãozinho com o conhecimento físico. Como a única maneira que um cientista tem de entrar na essência da natureza é através dos conceitos e teorias que ele cria, na verdade, o trabalho de um físico se baseia muito em construir modelos. Ele os testa e depois faz um ajuste fino, adequando-os a uma teoria proposta. Um modelo é uma ferramenta criada pelo cientista para tentar conhecer a realidade (natureza?). Na verdade, nós não a conhecemos cara a cara. A conhecemos somente através dos modelos que criamos.

O pior disso tudo é saber que eu só posso acessar a realidade através de modelos da física ou do aeromodelismo, e nunca através do manuseio da Gisele Bündchen...

Para terminar, vamos ver alguns dos significados apresentados para esta palavra, retirados do dicionário Houaiss da Língua Portuguesa:

### **Modelo**

- Substantivo masculino representação em escala reduzida de objeto, obra de arquitetura etc. a ser reproduzida em dimensões normais; maquete; Ex: modelo de um navio.
- Desenho, objeto ou pessoa em cuja reprodução estética trabalha o artista.
- Reprodução tridimensional, ampliada ou reduzida, de qualquer coisa real, us. como recurso didático (p.ex., partes do corpo humano, do universo etc.)
- Coisa ou pessoa que serve de imagem, forma ou padrão a ser imitado, ou como fonte de inspiração. Ex: “tem como modelo o irmão mais velho”, “recorre às metáforas de Neruda como modelo”.

- Exemplo dado por uma pessoa, uma coisa, que possui determinadas características em mais alto grau. Ex: considera-a um modelo de virtude.
- Representante típico de uma categoria. Ex: ele é o modelo perfeito do pai de família
- *Rubrica: física*. Esquema que possibilita a representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos ou propriedades, tomando como base um certo número de leis físicas, em geral obtidas ou testadas experimentalmente.
- Substantivo de dois gêneros.  
Indivíduo contratado por agência ou casa de modas para desfilar com as roupas que devem ser exibidas à clientela.

### QUESTÕES

- 1 - Como você define o que é um modelo?
- 2 - De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?
- 3 - Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?
- 4 - Você vê alguma conexão entre este texto e a atividade com a caixa preta? Quais?

#### Banco de Questões

- 1 - Com que os físicos constroem os modelos científicos?
- 2 - Por que os modelos mudam na ciência?
- 3 - O que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

#### Subsídios (Textos Complementares)

### IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA

Eu lhes peço que imaginem os campos magnéticos e elétricos. Como fazer? Sabem como eu imagino o campo elétrico e magnético? O que eu vejo realmente? Quais são as exigências da imaginação científica? É algo diferente de imaginar que uma sala está cheia de anjos invisíveis? Sim, pois não é como imaginar anjos invisíveis. É necessário um grau maior de imaginação para compreender o campo eletromagnético que para compreender anjos invisíveis. Por que? Por que para se compreender os anjos invisíveis, tudo que tenho que fazer é alterar suas propriedades *um pouquinho* – imagino-os ligeiramente visíveis e então posso ver as formas de suas asas e seus corpos – . Uma vez que consigo imaginar um anjo visível, a abstração necessária – que torne os anjos quase invisíveis é imaginá-los completamente invisíveis – é relativamente fácil. Então vocês dirão: “professor, me de uma descrição completa de ondas eletromagnéticas, embora seja ligeiramente inexata, de modo que eu possa vê-las como posso ver os anjos invisíveis. Logo modificarei a imagem para chegar a abstração necessária”.

Eu sinto que não posso fazer isso. Não sei como fazê-lo. Não tenho nenhuma imagem do campo eletromagnético que de algum modo seja precisa. Deve fazer algum tempo que sei o que é um campo eletromagnético – faz 25 anos que estive na mesma posição que vocês, agora eu tenho 25 anos a mais de experiência pensando nesta ondas serpenteantes. Quando penso em descrever o campo eletromagnético no espaço, falo dos campos **E** e **B**, e agito meus braços se imagino que os posso ver. Lhes direi o que vejo. Vejo algo assim como linhas **borradas serpenteantes** – aqui e ali há um **B** e um **E** escritos sobre elas, e de alguma forma algumas linhas tem flechas – uma flecha aqui e ali que desaparece quando olho atentamente. Quando falo de campos cortando o espaço, tenho uma confusão terrível entre os símbolos que uso para descrever os objetos e os objetos mesmo. Realmente não posso fazer uma imagem sequer parecida com uma onda verdadeira. Assim que se tem uma dificuldade de se formar uma imagem, não creio que seja uma dificuldade pouco comum.

Nossa ciência apresenta terríveis dificuldades de imaginação. O grau de imaginação necessário é muito mais extremo que o necessário para algumas idéias antigas. As idéias modernas são muito difíceis de imaginar. E usamos muitas ferramentas. Usamos equações e regras matemáticas e construímos um montão de imagens. O que é pior e quando falo de campo eletromagnético no espaço, vejo uma espécie de superposição de todos os diagramas que sempre é visto a esse respeito. Não vejo se fazer pequenas linhas de campo correndo por que me preocupa que se correrem a uma velocidade diferente das que fazem desaparecer. E nem sempre vejo os campos elétricos e magnéticos porque as vezes penso que deveria ter formado uma imagem com potencial vetorial e o potencial escalar posto que talvez sejam as coisas que “serpenteiam”, sejam as que possuem maior significado físico.

Talvez, você dirá: “a única esperança é tomar um ponto de vista matemático”. E o que é um ponto de vista matemático? Do ponto de vista matemático há um vetor campo elétrico e um vetor campo magnético em cada ponto do espaço: é dizer, há seis números associados com cada ponto. Podem imaginar seis números associados com cada ponto? Eu não posso! Poso imaginar coisas como a temperatura a cada ponto do espaço. Isso se parece compreensível. Há um frio e um calor que variam de um lugar a outro. Mas honestamente não entendo a idéia de um *número* em cada ponto.

Talvez devamos perguntar: podemos representar o campo elétrico com algo parecido com a temperatura? Por exemplo como o descongelamento de um pedaço de gelatina? Suponhamos que imaginássemos o mundo coberto por uma camada fina de gelatina e que os campos representam uma distorção – estiramento, uma torção digamos – da gelatina. Então poderíamos visualizar o campo. Depois de “ver” qual o seu aspecto, tiraríamos a gelatina por abstração. Durante muitos anos isso foi o que a gente tratou de fazer. Maxwell, Ampère, Faraday e outros trataram de compreender o eletromagnetismo desta forma. (As vezes eles chamaram de “éter” a gelatina abstrata.) Mas resultou que a tentativa de imaginar o campo eletromagnético desta forma era realmente estacionar na via do progresso. Desafortunadamente estamos limitados a abstração, a usar instrumentos para detectar o campo, a usar símbolos matemáticos para descrever o campo, etc. Mas, sem embargo, em certo sentido os campos são reais, porque depois de ter perdido o tempo com as equações matemáticas – fazendo e não imaginando, tratando e não imaginando os objetos – todavia podemos fazer com que os instrumentos detectem os sinais procedentes do Mariner II e fazer descobrimentos sobre galáxias a milhões de quilômetros de distância, e assim sucessivamente.

Toda esta questão de imaginar a ciência é pequena e mal entendida pelas pessoas que se dedicam a outras disciplinas. Tratam de por a prova a nossa imaginação da seguinte forma. Dizem: “aqui tem o quadro de certa pessoa em uma situação.

O que se imagina que logo acontecerá?” E quando contestamos: “não posso imaginar”, pode ser que pensem que temos pouca imaginação.

Parece que tudo o que nos é permitido imaginar na ciência deve ser *compatível com tudo que conhecemos*: os campos e as ondas que temos falado não são simplesmente pensamentos felizes que somos livres para conceber como queremos, sim idéias que devem ser compatíveis com todas as leis conhecidas da física. Não nos podemos permitir imaginar seriamente coisas que estão em evidente contradição com as leis conhecidas da natureza. E assim, nossa classe de imaginação é um jogo difícil. Se deve ter suficiente imaginação para se conceber algo que nunca tenha sido visto ou ouvido. Ao mesmo tempo os pensamentos estão confinados em uma camisa de força, por assim dizer, limitados pelas condições que provem de nosso conhecimento do que realmente é a natureza. O problema de crer em algo que é novo, mas compatível com todas as coisas que foram vistas antes é uma dificuldade extrema.

Já que entramos neste tema quero falar que será possível imaginar a beleza de algo que não podemos ver. É uma questão interessante. Quando olhamos para um arco-íris, nos parece belo. Todo mundo diz: “Ah, um arco-íris”. (Podem notar o cientista que sou. Tenho medo de dizer que algo é belo a menos que tenha uma forma experimental para o definir.) Mas como descreveríamos um arco-íris se estivéssemos cegos? *Estamos* cegos quando medimos o coeficiente de reflexão infravermelho do cloreto de sódio, ou quando falamos das frequências das ondas que vem de alguma galáxia que não podemos ver – fazemos um diagrama, um gráfico – . Por exemplo, para o arco-íris, tal gráfico seria a intensidade da radiação em função da comprimento de onda medida com um espectrofotômetro para cada direção do firmamento. Geralmente essas medições dariam uma curva que seria bastante chata. Logo, certo dia, alguém descobriria que para certas condições de tempo e para certo ângulo do firmamento, o espectro da intensidade em função da longitude da onda se comportaria estranhamente, teria a uma curva. Quando o ângulo do instrumento varia só um pouquinho , o máximo da concavidade se moveria de uma longitude de onda a outra. Depois um dia uma revista de Física para cegos publicaria uma artigo técnico com o título “A intensidade da radiação em função do



A intensidade das ondas eletromagnéticas em função do comprimento de onda para três ângulos (medidos na direção oposta ao sol), observada somente com certas condições meteorológicas

ângulo para certas condições de tempo”. Neste artigo apareceria um gráfico tal como o da figura 1. Talvez o autor diria que em alguns ângulos grandes havia mais radiação a comprimentos de ondas grandes, mas que para ângulos pequenos o máximo de radiação caía em longitudes de ondas ais curtas. (Deste nosso ponto de vista, diríamos que a 40° a luz é predominante verde e a 42° a luz predominante é violeta).

Agora bem, encontramos beleza no gráfico da figura. Contém muito mais detalhes que não era percebido quando olhávamos um arco-íris, porque nossos olhos não podem ver detalhes exatos da forma de um espectro. Sem dúvidas, eu olho e vejo o quanto um arco-íris é belo. Temos imaginação suficiente para ver nas curvas espectrais a mesma beleza que vemos ao olhar diretamente um arco-íris? Não sei. Mas suponha que tenha um gráfico do coeficiente de reflexão de um cristal de cloreto de sódio em função do comprimento de

onda no infravermelho e também em função do ângulo. Teria uma representação de como apareceria a meus olhos se vissem no infravermelho – talvez algum “verde” brilhante, mesclado com as reflexões da superfície em um “violeta metálico” –. Seria belo, mas não sei se alguma vez pude olhar um gráfico do coeficiente de reflexão do NaCl medido por algum instrumento e dizer que tem a mesma beleza.

Por outro lado, ainda que não podemos ver a beleza no resultado particular de uma medição *passamos* ver uma certa beleza nas equações que descrevem as leis físicas gerais. Por exemplo, na equação de onda, existe algo belo na regularidade da aparição do  $x$ , do  $y$ , do  $z$  e do  $t$ . e esta bela simetria de aparição de  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , e  $t$  sugere a mente uma grande beleza que tem a ver com as quatro dimensões, a possibilidade de analisar isto e desenvolver a teoria especial da relatividade. Existe, pois, beleza abundante associada com as equações.

*Texto extraído de:*

*Física – Feynman*

*Vol II : Electromagnetismo y materia*

*Feynman/Leighton/Sands*

*Pag. 20-13 à 20-16*

*Ed. ADDISON – WESLEY IBEROAMERICANA*

### **ELE CONSERTA RÁDIOS PENSANDO!**

Quando eu tinha treze ou quatorze anos, montei um laboratório na minha casa. Ele consistia numa velha caixa de madeira na qual eu coloquei algumas prateleiras. Eu tinha um aquecedor, e eu colocava óleo nele e fritava batatas todo o tempo. Eu também tinha um acumulador e um banco de lâmpadas.

Para construir o banco de lâmpadas, desci a uma loja que vendia tudo a dez ou cinco centavos, comprei alguns bocais que você pode atarraxar a uma base de madeira e conectei-os a pedaços de fio de campainha. Ao fazer diferentes combinações de interruptores — em série ou em paralelo —, eu sabia que podia conseguir diferentes voltagens. Mas o que eu não havia percebido era que a resistência de uma lâmpada depende de sua temperatura; então os resultados dos meus cálculos não foram os mesmos que aquela coisa que saía do circuito. Mas estava tudo bem, e quando as lâmpadas estavam em série, todas meio acesas, elas brilhaaaaaaaavam, muito lindo — era o máximo!

Eu tinha um fusível no sistema, de modo que, se eu causasse um curto-circuito em qualquer coisa, o fusível explodiria. Agora eu tinha de ter um fusível que fosse mais fraco que o fusível da casa; então eu fiz meus próprios fusíveis pegando folhas de estanho e enrolando-as em um velho fusível queimado. No outro lado do meu fusível, eu tinha uma lâmpada de cinco watts; então, quando o meu fusível estourasse a carga do carregador que estava sempre alimentando, o acumulador acenderia a lâmpada. A lâmpada estava no painel de controle, atrás de um pedaço de papel de bala marrom (ele

parece vermelho quando tem uma lâmpada atrás dele). Então, se alguma coisa desligasse, eu olharia no painel e haveria uma grande luz vermelha onde o fusível tivesse estourado. Era *divertido!*

Eu gostava de rádios. Eu comecei com um aparelho de cristal que eu comprara na loja, e costumava ouvi-lo à noite na cama quando eu ia dormir, com um par de fones de ouvido. Quando meu pai e minha mãe saíam até tarde da noite, eles vinham ao meu quarto e tiravam o fone de ouvido — e preocupavam-se com o que se passava na minha cabeça enquanto eu dormia.

Por essa época, inventei um alarme contra ladrões, que era uma coisa muito simplória: continha apenas uma grande bateria e uma campainha conectadas a algum fio. Quando a porta de meu quarto se abria, ela empurrava o fio contra a bateria e fechava o circuito, disparando a campainha.

Uma noite, minha mãe e meu pai voltaram para casa depois de uma noitada, e muito, muito quietamente, para não perturbar a criança, abriram a porta para entrar no meu quarto e tirar meus fones de ouvido. De repente, essa terrível campainha disparou fazendo uma algazarra dos diabos — bong bong bong bong!!! Eu pulei da cama gritando: “Funcionou! Funcionou!”

Eu tinha uma bobina Ford — uma bobina indutora de centelha de um automóvel — e Os terminais de centelha no topo do meu painel. Eu podia colocar um tubo Raytheon RH, que tinha gás argônio, do outro lado dos terminais, e a centelha criava um brilho roxo no vácuo — era o máximo!

Um dia, eu estava brincando com a bobina Ford, fundo um papel com as faíscas, e o papel pegou fogo. Não demorou muito e eu não pude mais segurá-lo, porque ele estava queimando perto dos meus dedos; então joguei-o em um cesto de lixo de metal que estava cheio de jornal. Jornal queima rápido, você sabe, e a chama parecia bastante grande lá dentro. Eu fechei a porta para que minha mãe — que estava jogando bridge com algumas amigas na sala — não descobrisse que havia fogo no meu quarto, peguei uma revista que estava por perto e coloquei-a em cima do cesto para abafar o fogo.

Depois de apagar o fogo, tirei a revista de cima do cesto, só que agora o quarto começou a encher-se de fumaça. O cesto ainda estava muito quente para eu carregá-lo; então, peguei dois alicates, peguei o cesto e segurei-o fora da janela para ventilar a fumaça.

No entanto, como lá fora havia vento, o fogo tornou a acender, e agora a revista estava fora do alcance. Então puxei o cesto em chamas para dentro de novo, e percebi que havia cortinas na janela era muito perigoso!

Bem, peguei a revista, extingui o fogo de novo e, desta vez, fiquei com a revista comigo enquanto sacudia as brasas incandescentes do cesto de lixo na rua, dois ou três andares abaixo. Então, saí do meu quarto, fechei a porta atrás de mim e disse para a minha mãe: “Vou sair para brincar”; e a fumaça saiu, vagarosamente, pelas janelas.

Também fiz alguns trabalhos com motores elétricos e construí um amplificador para uma fotocélula que comprei, que podia fazer soar uma campainha quando punha minha mão em frente à célula. Não consegui fazer tanto quanto queria, porque minha mãe estava sempre me pondo para fora, para brincar. Mas, geralmente, eu estava em casa, passando o tempo em meu laboratório.

Eu comprava rádios em bazares. Eu não tinha dinheiro, mas eles não eram muito caros — eram rádios velhos, quebrados, e eu os comprava e tentava consertá-los. Geralmente, o defeito era bastante simples — algum fio óbvio estava solto, ou alguma bobina estava quebrada ou parcialmente danificada —; então eu conseguia consertar alguns deles. Uma noite, consegui pegar a Waco em Waco, Texas, em um rádio desses — foi fantástico!

Neste mesmo rádio eu conseguia ouvir, em meu laboratório, uma estação de Schenectady, chamada WGN. Por essa época, todas as crianças — eu, meus dois primos, minha irmã e a criança da vizinhança — ouviam pelo rádio, lá embaixo, um programa chamado Eno Crime Club — sal de frutas Eno —, era o máximo! Bem, descobri que eu podia ouvir este programa lá em cima, no meu laboratório, pela WGN, uma hora antes de ele ser transmitido em Nova York! Então, eu sabia o que ia acontecer, e, quando estávamos todos ao redor do rádio, lá embaixo, ouvindo o Eno Crime Club, eu dizia: “Sabe, há muito tempo que eu não ouço sobre fulano de tal. Aposto que ele vai aparecer”.

Dois segundos depois, tchan, ele aparece! Todos ficaram excitados com isso, e eu previ algumas outras coisas. Então eles perceberam que devia ter algum truque nisso — que, de alguma forma, eu sabia. Então eu confessei que eu podia ouvir o programa antes, lá em cima.

Naturalmente, você sabe qual foi o resultado. Agora eles não podiam esperar a hora certa. Todos tinham de sentar lá em cima, no meu laboratório, com aquele rádio desconjuntado, por quase meia hora, ouvindo o Eno Crime Club, de Schenectady.

Nessa época, morávamos em uma casa grande; ela havia sido deixada por meu avô para seus filhos, e eles não conseguiram muito dinheiro com ela, Ela era muito grande, de madeira, e eu passei uma fiação por toda a parte externa dela e coloquei tomadas em todos os cômodos. Assim eu podia ouvir os meus rádios, que estavam lá em cima no meu laboratório. Eu também tinha um alto-falante — não o alto-falante completo, mas a parte sem a grande corneta.

Um dia, quando estava com meus fones de ouvido, liguei-os ao alto-falante e descobri algo: eu punha meu dedo no alto-falante e podia ouvi-lo no fone de ouvido; eu arranhava o alto-falante e ouvia nos fones de ouvido. Então descobri que o alto-falante podia funcionar como um microfone, e sem precisar de bateria. Na escola, estávamos falando sobre Alexander Graham Bell, e então eu fiz uma demonstração do alto-falante e dos fones de ouvido. Eu não sabia à época, mas acho que era o tipo de telefone originalmente usado.

Agora eu tinha um microfone e podia transmitir lá de cima para baixo e lá de baixo para cima, usando os amplificadores de meus rádios de bazares. Aquela época, minha irmã Joan, que era nove anos mais nova do que eu, devia ter dois ou três anos, e havia um sujeito no rádio chamado Tio Don que ela gostava de ouvir. Ele cantava musiquinhas sobre “crianças boas”, e coisas assim, e lia as cartas enviadas a ele por pais dizendo que: “Fulana de tal está fazendo aniversário este sábado na Avenida Flatbush, 25”

Um dia, minha prima Frances e eu sentamos Joan e dissemos que havia um programa especial que ela deveria ouvir. Então corremos lá para cima e começamos a transmitir: “Aqui é o Tio Don. Conhecemos uma garotinha muito bacana, chamada Joan, que mora em New Broadway. O aniversário dela está chegando — não hoje, mas em tal data. Ela é uma garota muito bonita”. Cantamos uma musiquinha e depois fizemos uma música “*Deedle leet dee, doodle doodle loot doot;*

*deedle deedle leet, doodle loot doot doo. . .*“ Fizemos tudo que tínhamos combinado e, quando acabamos, descemos:

- Como foi? Gostou do programa?

- Foi bom — ela disse —, mas por que você fez a música com a boca?

Um dia recebi uma ligação: O senhor é Richard Feynman?

-Sim.

- Aqui é do hotel. Nós temos um rádio que não funciona e gostaríamos de consertá-lo.

Achamos que você pode fazê-lo.

- Mas eu sou apenas um garoto — eu disse — eu não sei como...

- Sim, sabemos disso, mas gostaríamos que você viesse aqui de qualquer jeito.

Era um hotel que minha tia estava gerenciando, mas eu não sabia disso. Eu fui lá com uma grande chave de parafuso no bolso de trás (eles ainda contam a história). Bem, eu era pequeno; então, *qualquer* chave de parafuso parecia grande em meu bolso de trás.

Eu fui até o rádio e tentei consertá-lo. Eu não sabia nada, mas havia um faz-tudo no hotel, e nem ele nem eu demos por falta de um botão no reostato — para aumentar o volume —, e por isso o eixo não girava. O faz-tudo saiu, limou qualquer coisa e consertou o rádio.

O outro rádio que tentei consertar realmente não funcionava. Foi fácil: não estava ligado direito. A medida que os consertos ficavam mais complicados, eu me tornava cada vez melhor e mais minucioso. Eu mesmo comprei um miliamperímetro em Nova York e transformei-o em um voltímetro que tinha diferentes escalas, usando as medidas certas (que eu calculara) de fios de cobre muito finos. Ele não era muito preciso, mas era bom o bastante para dizer se as coisas estavam no ponto certo em diferentes conexões nos aparelhos de rádio.

O principal motivo pelo qual as pessoas me contratavam era a Depressão. Eles não tinham dinheiro para mandar seus rádios para o conserto, e ouviam falar desse menino que fazia o conserto mais barato. Assim, eu subia em telhados para consertar antenas e todo o tipo de coisa. Eu tive uma série de tarefas cada vez mais difíceis. Por fim, peguei um trabalho para converter um aparelho de corrente direta em corrente alternada; foi muito difícil evitar o chiado no sistema, e eu não o montei muito certo. Eu não devia ter pego aquele trabalho, mas eu não sabia.

Um trabalho foi realmente sensacional. A época, eu estava trabalhando para um tipógrafo. Um homem que o conhecia sabia que eu estava tentando conseguir trabalhos para consertar rádios, e mandou uma pessoa na tipografia para buscar-me. O cara é obviamente pobre — seu carro está todo despencando — e vamos à sua casa que fica em uma parte barata da cidade. No caminho, eu digo:

“Qual o problema com o rádio?”

Ele diz: “Quando eu o ligo, ele faz um barulho. Depois, o barulho pára e tudo fica bem, mas eu não gosto do barulho”.

Eu penso comigo mesmo: “Que diabos! Se ele não tem dinheiro, acho que pode agüentar um barulhinho por um tempo”.

O tempo todo, no caminho para sua casa, ele fica falando coisas como: “Você sabe alguma coisa sobre rádios? Como você conhece rádios — você é apenas um garotinho!”

Ele vai o caminho todo pondo-me para baixo, e eu pensando “qual o problema com ele? O rádio faz um barulhinho”.

Mas, quando chegamos lá, fui até o rádio e liguei-o. Barulhinho? *Meu Deus!* Não é de se estranhar que o pobre homem não suportasse o barulho. A coisa começou a rugir e tremer — wuh buh buh huh. Uma *enorme* quantidade de barulhos. Então ele parou e começou a tocar direito. Comecei a pensar: “Como isso acontece?”

Começo a andar de um lado para o outro, pensando, e descubro que uma das formas que isso poderia acontecer seria os tubos estarem esquentando na ordem errada, ou seja, o amplificador estar todo quente, e os tubos estarem prontos, sem nada para alimentá-los, ou haver um retroeireuito alimentando-os, ou algo errado na parte inicial — a parte de frequência de rádio — e assim estar fazendo uma porção de barulho, captando alguma coisa. E quando o circuito de frequência de rádio finalmente sintonizava e as voltagens da válvula se ajustavam, ficava tudo bem.

Então o cara diz: “O que você está fazendo? Você vem consertar o rádio, mas só fica andando de um lado para o outro!”

Eu digo: “Estou pensando!” E aí disse para mim mesmo: “Tudo bem, tire os tubos e reverta completamente a ordem no aparelho”. (Muitos aparelhos de rádio naqueles dias usavam os mesmos tubos em diferentes lugares — acho que eram 212 ou 212-A.) Daí eu mudei os tubos de lugar, e o rádio quieto como um cordeiro; ele espera até aquecer e então funciona perfeitamente — sem barulho.

Quando uma pessoa foi negativa em relação a você, e você faz algo assim, geralmente ela muda completamente para compensar você. Ele me conseguiu outros trabalhos, e dizia a todo mundo que gênio incrível que eu era, dizendo: “Ele conserta rádios *pensando!*”. Toda essa idéia de pensar para consertar um rádio — um garotinho pára e pensa, e descobre como fazê-lo — ele nunca pensou ser possível.

Os circuitos de rádio eram muito mais simples de se entender naquela época, porque tudo ficava à mostra quando se abria o aparelho. Depois que você separava o aparelho (era um grande problema achar os parafusos certos), você podia ver que aqui tinha um resistor, ali tinha um condensador, aqui isso, ali aquilo; eles eram todos rotulados. Se estivesse pingando cera do condensador, ele estava muito quente, e você podia dizer que o condensador estava queimado. Se tivesse carvão em um dos resistores, você sabia onde estava o problema. Ou, se você não soubesse qual era o problema ao olhá-lo, era só testá-lo com seu voltímetro e ver qual a voltagem que estava passando. A voltagem nas válvulas era sempre cerca de um e meio a dois volts, e as voltagens nas placas eram de cem ou duzentos, corrente direta. Então, para mim não era difícil consertar um rádio sabendo o que estava acontecendo dentro dele, percebendo que algo não estava funcionando direito e consertando o que não funcionava.

Às vezes, levava um tempo. Eu lembro um caso particular, que levou uma tarde inteira para descobrir um resistor queimado que não estava aparente. Este caso específico foi com uma amiga da minha mãe, então eu *tinha* tempo — não tinha ninguém atrás de mim dizendo: “O que você está

fazendo?” Ao contrário, estavam dizendo: “Você quer um pouco de leite ou um pedaço de bolo?” Finalmente, eu o consertei, porque eu tinha, e ainda tenho, persistência. Uma vez que eu comece um quebra-cabeças, não consigo parar. Se a amiga de minha mãe tivesse dito “não se importe, é muito trabalho”, eu teria me enchido, pois eu queria acabar com aquela coisa, uma vez que já tinha ido tão longe. Eu tenho de continuar a procurar qual é o problema afinal.

É uma tendência a quebra-cabeças. É o que me faz querer decifrar os hieróglifos maias, tentar abrir cofres. Eu lembro, no segundo grau, no primeiro período, um sujeito veio para mim com um enigma em geometria, ou algo que tivesse sido dado em sua turma mais avançada de matemática. Eu não conseguia parar até que descobrisse tudo — levava de quinze a vinte minutos. Mas, durante o dia, outras pessoas vinham a mim com o mesmo problema. e eu os resolvia em questão de segundos para eles. Então, para uma pessoa, levava vinte minutos para eu fazer o trabalho, enquanto havia quatro outras pessoas que me achavam um supergênio.

Assim, adquirir uma reputação imaginária. Durante o segundo grau, todos os enigmas conhecidos pelo homem devem me ter sido apresentados. Toda maldita, louca charada que as pessoas inventavam eu conhecia. Assim, quando fui para o MIT, havia um baile, e um dos alunos sênior levou sua namorada, e ela conhecia uma porção de charadas, e ele estava dizendo a ela que eu era muito bom nisso. Então, durante o baile, ela veio até mim e disse: “Dizem que você é esperto, então aí vai uma para você: Um homem tem oito feixes de madeira para cortar...”.

E eu disse: “Ele começa a cortar cada um em três partes”, porque eu já havia ouvido essa.

Ela foi embora e voltou com outra, e eu já conhecia também.

Esse negócio durou um certo tempo, e, finalmente, perto do final do baile, ela veio, olhando como se fosse me pegar desta vez, e disse: “Uma mãe e uma filha estão viajando para a Europa...”

A filha pegou peste bubônica.

Ela desmoronou! Havia muito poucas pistas para achar a resposta daquela charada: era a longa história sobre como uma mãe e uma filha param em um hotel, ficam em quartos separados e no dia seguinte a mãe vai ao quarto da filha e não tem ninguém lá, ou tem outra pessoa lá, e ela diz: “Onde está minha filha?”, e o vigia do hotel diz: “Que filha?”, e só tem registrado o nome da mãe, e tal e coisa, e coisa e tal, e há um grande mistério sobre o que aconteceu. A resposta é: a filha pegou peste bubônica, e o hotel, não querendo ter de fechar, rapta a filha, limpa o quarto e apaga todas as evidências de que ela tenha estado lá. E uma longa narrativa, mas eu tive de ouvi-la; então, quando a menina começou com “Uma mãe e uma filha estão viajando para a Europa”, eu sabia algo que começava daquela forma, dei um chute e acertei.

Tínhamos no segundo grau algo chamado equipe de álgebra, que era composta de cinco garotos, e viajávamos para diversas escolas como um time e competíamos. Sentávamos em uma fileira de cadeiras e o outro time sentava na outra fileira. Uma professora, que estava administrando a prova, tirava um envelope, e no envelope dizia: “Quarenta e cinco segundos”. Ela o abre, escreve o problema no quadro-negro, e diz: “Vá” — então, na verdade, você tem mais que quarenta e cinco segundos, porque enquanto ela escreve você pode pensar. Agora o jogo era o seguinte: Você tem um pedaço de papel, e pode escrever qualquer coisa nele, *fazer* qualquer coisa. A única coisa que valia era a resposta. Se a resposta fosse “seis livros”, você teria de escrever “6” e fazer um enorme círculo

ao seu redor. Se o que estivesse dentro do círculo estivesse certo, você ganhava; caso contrário, você perdia.

Uma coisa era certa: era praticamente impossível resolver o problema de forma tradicional, honesta, como colocar “A é o número de livros vermelhos, B é o número de livros azuis”, agonia, agonia, agonia, até você chegar a “seis livros”. Isso levaria cinquenta segundos, porque as pessoas que contavam o tempo para esses problemas contaram um pouquinho menos de tempo. Então você tinha de pensar: “Há uma forma de *visualizar* isso?” Às vezes, você podia visualizar o problema rapidamente, e às vezes você tinha de inventar outra forma para fazê-lo, e então fazer a álgebra o mais rápido que conseguisse. Era uma prática maravilhosa, e eu melhorei cada vez mais, e finalmente me tornei o cabeça do time. Aprendi a fazer álgebra muito rápido, e isso veio a calhar na faculdade. Quando tínhamos um problema de cálculo, eu era muito rápido para perceber o que estava acontecendo e fazer a álgebra.

Outra coisa que fiz no segundo grau foi inventar problemas e teoremas. Quer dizer, se estivesse fazendo qualquer coisa que fosse matemática, eu encontraria algum exemplo prático para o qual seria útil. Eu inventei um conjunto de problemas de triângulo reto. Mas, em vez de dar o tamanho de dois lados para encontrar o terceiro, eu dava a diferença dos dois lados. Um exemplo típico era:

Há um mastro de bandeira, e há uma corda que desce do topo. Quando você segura a corda reta e para baixo, ela fica 91cm maior do que o mastro, e quando você puxa a corda bastante, ela fica a 1,5m da base do mastro. Qual a altura do mastro?

Desenvolvi algumas equações para solucionar problemas deste tipo, e percebi algumas conexões — talvez fosse  $\sin^2 + \cos^2 = 1$  — que me lembrava trigonometria. Alguns anos antes, talvez quando eu tinha onze ou doze anos, eu havia lido um livro de trigonometria que tinha pego na biblioteca, mas o livro agora se fora. Eu só me lembrava que a trigonometria tinha algo a ver com relações entre senos e cossenos. Então comecei a trabalhar as relações desenhando triângulos, e eu mesmo testava cada Lima. Eu também calculei o seno, o cosseno e a tangente de todos os cinco graus, começando com o seno de cinco graus como dado, por adição e fórmulas de meio-ângulo que eu já havia trabalhado.

Alguns anos depois, quando estudamos trigonometria na escola, eu ainda tinha minhas anotações e vi que minhas demonstrações geralmente eram diferentes das do livro. As vezes, por não perceber uma forma fácil de fazê-las, eu dava muitas voltas até chegar ao ponto. Outras vezes, meu caminho era muito mais engenhoso — a demonstração-padrão no livro era muito mais complicada. Às vezes, eu ganhava do livro, às vezes, eu perdia.

Enquanto eu fazia toda essa trigonometria, eu não gostava dos símbolos para seno, cosseno, tangente, etc. Para mim, “sen f” parecia s vezes e vezes n vezes f! Então eu inventei outro símbolo, parecido com o sinal de raiz quadrada, que era um *sigma*, com um longo braço saindo dele, e coloquei o f subscrito. Para a tangente, era um *tau* com sua parte superior estendida, e para o cosseno, eu fiz uma espécie de *gama*, mas parecia um pouco com o símbolo de raiz quadrada.

Agora, o seno inverso era o mesmo *sigma*, mas refletido ao contrário, de modo que começava com a linha horizontal com o valor subscrito, e então o *sigma*. Este era o seno inverso, não  $\sin^{-1} f$

— que era louco! Eles tinham isso nos livros! Para mim,  $\text{sen}^{-1}$  significava  $1/\text{seno}$ , o recíproco. Então, meus símbolos eram melhores.

Eu não gostava de  $f(x)$  — que parecia para mim  $f$  vezes  $x$ . Eu também não gostava de  $dy/dx$  — você tem uma tendência a cancelar os “ $d$ ” — daí eu criei um sinal diferente, algo como um sinal  $\&$ . Para os logaritmos, havia um grande  $L$  estendido à direita, com a coisa que você está lidando dentro, etc.

Eu achava que meus símbolos eram tão bons, senão melhores, do que os símbolos regulares — não faz diferença alguma *quais* símbolos você usa. Mais tarde descobri que *realmente* faz diferença. Uma vez, eu estava explicando algo para outro garoto no segundo grau e, sem pensar, comecei a fazer esses símbolos, e ele disse: “Que diabos é isso?” Então eu percebi que, se quiser me comunicar com os outros, tenho de usar símbolos padrões, e aí finalmente desisti dos meus próprios símbolos.

Eu também tinha inventado um conjunto de símbolos para a máquina de escrever, como o fortran tem de fazer, de forma que eu pudesse datilografar equações. Eu também consertava máquinas de escrever, com clipes e elásticos (os elásticos não arrebentavam como fazem aqui em Los Angeles), mas eu não era um profissional de reparos; eu simplesmente as consertava para que funcionassem. Mas o problema todo de descobrir o problema e imaginar o que deveria fazer para consertá-lo — isso era interessante para mim, como uma charada.

*Texto extraído de:*

*Deve ser brincadeira, Sr. Feynman*

*Feynman, Richard Phillips.*

*p. 11-21*

*Editora Universidade de Brasília, 2000.*