

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**MATHEUS MAX PINHEIRO**

**Materiais Magnéticos: como são abordados em alguns livros didáticos  
voltados ao Ensino Médio**

**UBERLÂNDIA**

**2025**

MATHEUS MAX PINHEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Física da  
Universidade Federal de Uberlândia  
como requisito parcial para obtenção  
do título de licenciado em Física.

Orientadora: Prof.a Dra. Débora  
Coimbra

Uberlândia

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P654<br>2025 | <p>Pinheiro, Matheus Max, 1999-</p> <p>    Materiais Magnéticos [recurso eletrônico] : como são abordados em alguns livros didáticos voltados ao Ensino Médio / Matheus Max Pinheiro. - 2025.</p> <p>    Orientadora: Débora Coimbra.</p> <p>    Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Física.</p> <p>    Modo de acesso: Internet.</p> <p>    Inclui bibliografia.</p> <p>    Inclui ilustrações.</p> <p>    1. Física. I. Coimbra, Débora, 1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Física. III. Título.</p> <p>CDU: 53</p> |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Coordenação do Curso de Graduação em Física - Licenciatura  
Av. João Naves de Ávila, nº 2121. Campus Santa Mônica - Bairro Santa Mônica,  
Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 3239 4417 - <http://www.infis.ufu.br/graduacao/fisica-licenciat-cofis@ufu.br>



#### Ata de Defesa - Graduação

|                        |                                                                                                               |                 |              |                       |              |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Curso de Graduação em: | Física, grau licenciatura                                                                                     |                 |              |                       |              |
| Defesa de:             | <b>Trabalho de Conclusão de Curso 2 (GFC041) ou Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC - II) - INFIS31003</b> |                 |              |                       |              |
| Data:                  | <b>19/09/2025</b>                                                                                             | Hora de início: | <b>10:05</b> | Hora de encerramento: | <b>11:56</b> |
| Matrícula do Discente: | 11711FIS238                                                                                                   |                 |              |                       |              |
| Nome do Discente:      | <b>Matheus Max Pinheiro</b>                                                                                   |                 |              |                       |              |
| Título do Trabalho:    | Materiais Magnéticos: como são abordados em alguns livros didáticos voltados ao Ensino Médio                  |                 |              |                       |              |

Reuniu-se no **Anfiteatro 50-E do Bloco 50**, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Física, grau Licenciatura, assim composta: **Prof. Dr. José de los Santos Guerra - INFIS/UFU, Profa. Dra. Ariadne de Souza Avendano - INFIS/UFU e pela Profa. Dra. Débora Coimbra - INFIS/UFU, orientadora do candidato.**

Iniciando os trabalhos, a presidenta da mesa, **Profa. Dra. Débora Coimbra** apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do curso.

A seguir, a senhora presidenta concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos membros da banca examinadora, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

**Aprovado.**

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Debora Coimbra Martins**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/09/2025, às 08:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José de los Santos Guerra**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/09/2025, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ariadne de Souza Avendano**, **Professor(a) Substituto(a) do Magistério Superior**, em 22/09/2025, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6671246** e o código CRC **0A5AE859**.

## RESUMO

As propriedades magnéticas da matéria é um tema frequentemente negligenciado e extremamente simplificado nos livros didáticos de Física do Ensino Médio. Este trabalho visa a realização de uma sondagem de 15 livros didáticos disponibilizados pelo PNLD 2018 e PNLD 2026. A metodologia se apoia na Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Yves Chevallard, cuja estrutura analítica é reforçada pela proposta de Bittar, segmentando o conteúdo em parte curso e parte atividades propostas. Adicionalmente, emprega-se a Análise de Conteúdo de Bardin, para categorizar e codificar os níveis de aprofundamento conceitual referente aos materiais magnéticos (ferromagnético, paramagnético e diamagnético) em três níveis: Superficial, Intermediário e Aprofundado. Os resultados revelam que 53,3% (8 livros) apresentam abordagem Superficial, 40% (6 livros) Intermediária e apenas 6,7% (1 livro) Aprofundada. Ademais, apenas 46,7% (7 livros) incluem exercícios ou atividades específicas sobre o tema. Esses resultados evidenciam uma significativa lacuna teórica e metodológica, prejudicando a formação conceitual adequada dos estudantes sobre os materiais magnéticos.

**Palavras-chave:** Materiais Magnéticos, TAD, PNLD, Análise de Conteúdo

## ABSTRACT

The magnetic properties of matter is a topic often neglected and overly simplified in high school Physics textbooks. This study conducts a survey of 15 textbooks provided by PNLD 2018 and PNLD 2026. The methodology is grounded in Yves Chevallard's Anthropological Theory of the Didactic (ATD), with its analytical framework reinforced by Bittar's proposal, which segments content into course sections and proposed activities. Additionally, Bardin's Content Analysis is employed to categorize and codify the conceptual depth levels related to magnetic materials (ferromagnetic, paramagnetic and diamagnetic) into three tiers: Superficial, Intermediate and In-depth. Results reveal that 53,3% (8 books) adopt a Superficial approach, 40% (6 books) an Intermediate one and only 6,7% (1 book) an In-depth treatment. Furthermore, just 46,7% (7 books) include specific exercises or activities on the topic. These finding highlight a significant theoretical and methodological gap, undermining students proper conceptual understanding of magnetic materials.

**Keywords:** Magnetic Materials, ATD, PNLD, Content Analysis

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Temperatura de Curie para diferentes materiais ferromagnéticos | 25 |
| Quadro 2 – Livros do PNLD 2018 e PNLD 2026                                | 30 |
| Quadro 3 – Categorização e conteúdo abordado dos livros analisados        | 36 |
| Quadro 4 – Tipos de Tarefas (T)                                           | 42 |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Aproximação das correntes atômicas para dipolos magnéticos                         | 15 |
| Figura 2 - Representação de um sólido cristalino constituído de 1 átomo                       | 16 |
| Figura 3 - Representação do material cristalino com correntes atômicas caoticamente ordenadas | 17 |
| Figura 4 - Experimento de Stern-Gerlach                                                       | 18 |
| Figura 5 - Diagrama de Linus Pauling                                                          | 19 |
| Figura 6 - Regra de Hund do elemento químico Manganês                                         | 21 |
| Figura 7 - Ordenação em larga escala dos domínios                                             | 22 |
| Figura 8 - Ciclo de histerese de um material ferromagnético                                   | 24 |

## **LISTA DE IMAGENS**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagem 1 - Grãos microcristalino de um ímã de neodímio, com domínios magnéticos visíveis | 23 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>1.1. Contextualização Geral.....</b>                        | <b>12</b> |
| <b>1.2. Pergunta de pesquisa.....</b>                          | <b>14</b> |
| <b>1.3. Objetivos.....</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>2.1. Magnetização e o experimento de Stern-Gerlach.....</b> | <b>15</b> |
| <b>2.2. Classificação e Comportamento Magnético .....</b>      | <b>20</b> |
| <b>2.3. A Teoria Antropológica do Didático .....</b>           | <b>25</b> |
| <b>3. METODOLOGIA.....</b>                                     | <b>29</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                        | <b>36</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO.....</b>                                       | <b>44</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                                    | <b>46</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

O fenômeno do magnetismo surge do movimento de cargas elétricas, desde correntes macroscópicas em fios condutores encontrados no dia a dia até o movimento orbital e do spin intrínseco de elétrons. As propriedades magnéticas da matéria, que incluem o ferromagnetismo, paramagnetismo e o diamagnetismo, descrevem não só as interações magnéticas observadas no cotidiano, mas também as interações e as formações de diferentes materiais ao nível microscópico, considerando o comportamento dos elétrons em seus átomos e como seus momentos de dipolo magnéticos interagem entre si ou ao ser influenciados por campos magnéticos externos.

Conforme destacado por Jésus (1998), o magnetismo se consolidou como um dos pilares da Física clássica e moderna, com implicações presentes nos fundamentos da eletrodinâmica, na área de compreensão de átomos e até aplicações revolucionárias na medicina e engenharia, sendo uma das áreas mais férteis na Física da Matéria Condensada, gerando eventos anuais nacionais e internacionais como a Conferência Anual de Magnetismo e Materiais Magnéticos (MMM), realizadas nos Estados Unidos da América, Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, realizada na cidade de Caxambú, MG (atualmente Encontro de Outono, circulando por diferentes estados), entre outros.

No contexto do ensino médio brasileiro, a abordagem dos fenômenos magnéticos da matéria está fundamentalmente vinculada aos materiais didáticos disponibilizados as escolas, particular e mais amplamente, o livro didático. De acordo com Moraes (2011), em escolas públicas brasileiras, o livro didático se consolida como o principal material de apoio para professores e alunos, sendo de grande maioria o único material instrucional, evidenciando a necessidade de que estes recursos apresentem conteúdos alinhados aos conhecimentos científicos atuais, mas também, ofereçam uma proposta didática satisfatória para as necessidades do ensino de física. Os livros didáticos distribuídos nas escolas públicas são adquiridos através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), criado em 1985 e reformulado ao longo dos anos, visando garantir o acesso a materiais pedagógicos de qualidade, alinhados as diretrizes curriculares nacionais, como diz o guia do programa:

(..) é fundamental que professores e estudantes possam contar com materiais didáticos de qualidade, que estejam disponíveis para subsidiar, embasar, acompanhar e enriquecer o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem da Física escolar. Não menos importante é realizar uma escolha consciente do melhor livro didático para cada escola e realidade: um livro cuja proposta didático-pedagógica vá

ao encontro do projeto político-pedagógico da escola e seja o seu suporte mais adequado para o processo de ensino e aprendizagem da Física (Brasil, 2018, p. 8).

Na realidade, observa-se uma discrepância entre esses ideais e a realidade das salas de aulas. Estes livros frequentemente apresentam modelos matemáticos abstratos se tratando do tema de interesse, reduzem o magnetismo a fórmulas memorizáveis sem uma contextualização, abandonam o caráter experimental típico da física, negligenciando as aplicações cotidianas e desconsiderando os conhecimentos prévios dos estudantes, assumindo um foco de preparar o aluno para resolução de exercícios de vestibular ou do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Tendo em vista a abrangência e importância do magnetismo no mundo da ciência e as limitações de sua abordagem em livros didáticos, este trabalho propõe a realização de uma sondagem dos livros dispostos pelo PNLD 2018, atualizada com algumas obras do PNLD 2026, utilizando como elemento de análise o quarteto praxeológico da Teoria Antropológica do Didático (TAD), desenvolvida pelo matemático francês Yves Chevallard.

A TAD propõe um quadro analítico capaz de descrever qualquer atividade humana, ao decompor práticas que envolvem conhecimento em dois blocos interdependentes, configurando-se como ferramenta para analisar os processos pelos quais o conhecimento é transformado em conteúdo ensinável, chamados de bloco prático-técnico e bloco tecnológico-teórico. O bloco prático-técnico, composto por tarefas (T) e técnicas ( $\tau$ ), são definidos pelas ações concretas realizadas em sala de aula, marcados por um verbo de ação para a realização de tarefas (T) e pelo método de execução das mesmas, as denominadas técnicas ( $\tau$ ). O bloco tecnológico-teórico, composto pelas tecnologias ( $\theta$ ) e a teoria ( $\phi$ ), fornece as bases conceituais e epistemológicas que legitimam essas práticas.

Para a investigação dos livros didáticos selecionados, adotamos a estrutura proposta por Bittar (2017), que divide a análise em dois eixos complementares. O primeiro eixo, denominado parte curso, concentra-se no conteúdo teórico presente no desenvolvimento dos conceitos ao longo dos capítulos, avaliando a profundidade científica do conteúdo abordado, sua contextualização histórica, o rigor matemático, as imagens ilustrativas e a qualidade dos exemplos cotidianos. O segundo eixo de análise, chamado de parte atividades propostas, procura analisar as atividades e exercícios dispostos no livro didático e qual a técnica que se espera na resolução destes, utilizando como apoio as praxeologias de Chevallard.

Para a escolha da amostra de conveniência, a parte curso dos livros didáticos será analisada utilizando a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2016), ferramenta metodológica sistemática e objetiva para interpretação de materiais didáticos, separada em três etapas: a

primeira etapa, denominada de pré-análise, é definida pela leitura flutuante, seleção documental e formulação de categorias preliminares; a segunda é a exploração do material, na qual é feita uma codificação aberta ou fechada dos dados; e por fim, o tratamento interpretativo dos resultados. Esta abordagem permite inferir características do conteúdo, categorizar elementos praxeológicos e avaliar criticamente as implicações didáticas da transposição do conhecimento, garantindo rigor metodológico na investigação.

## **1.2. PERGUNTA DE PESQUISA**

Os livros didáticos de Física do PNLD 2018 e PNLD 2026, abordam os conceitos de propriedades magnética da matéria de forma adequada e aprofundada?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral:**

Analisar o embasamento teórico e as estratégias metodológicas sugeridas em livros didáticos do Ensino Médio para o ensino da teoria magnética dos materiais, com base na Teoria Antropológica do Didático de Chevallard.

### **Objetivos Específicos:**

- Identificar e categorizar, utilizando a Análise de Conteúdo desenvolvida por Bardin, os livros da amostra, examinando seu rigor científico e clareza explicativa.
- Mapear e analisar as tarefas (T) e técnicas ( $\tau$ ) propostas na parte atividades dos livros.
- Avaliar a coerência entre a fundamentação teórica apresentada e as atividades propostas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

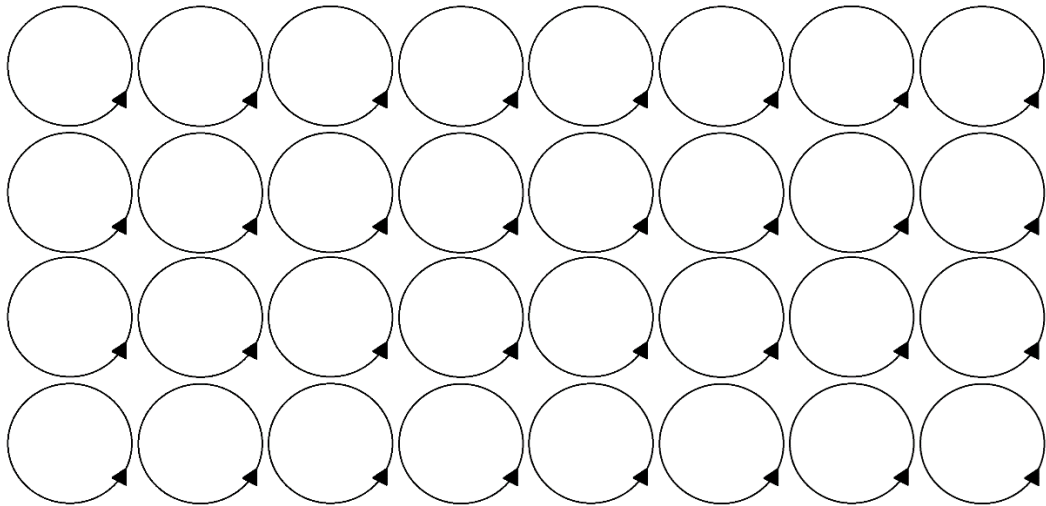
### 2.1. MAGNETIZAÇÃO E O EXPERIMENTO DE STERN-GERLACH

As propriedades magnéticas da matéria descrevem as interações e as formações de diferentes materiais ao nível macroscópico e microscópico, especialmente o comportamento dos elétrons em seus átomos, e como seus momentos de dipolo magnéticos interagem entre si e a campos magnéticos externos. Essas propriedades têm origem no movimento de cargas elétricas, uma vez que, segundo as leis do eletromagnetismo, um campo magnético é gerado por cargas em movimento. Como os átomos da matéria são constituídos por elétrons em movimento, poderemos interpretar este movimento como pequenas correntes.

Para uma análise puramente macroscópica, estas correntes ditas atômicas são tão pequenas que é correto associar a pequenos dipolos magnéticos, como mostra a Figura 1.

Cada corrente atômica é um pequeno circuito fechado de dimensões atômicas e pode, portanto, ser apropriadamente descrito como um dipolo magnético. Realmente, o momento de dipolo é a quantidade que interessa aqui, uma vez que o campo de indução magnética distante devido a um só átomo, é completamente determinado especificação do seu momento de dipolo magnético,  $\mu$  (Reitz et al., 1982, p. 185).

Figura 1: Aproximação das correntes atômicas para dipolos magnéticos



Fonte: O autor (2025).

O momento de dipolo magnético ( $\mu$ ), é a relação entre a intensidade de corrente ( $I$ ) e a sua área ( $A$ ):

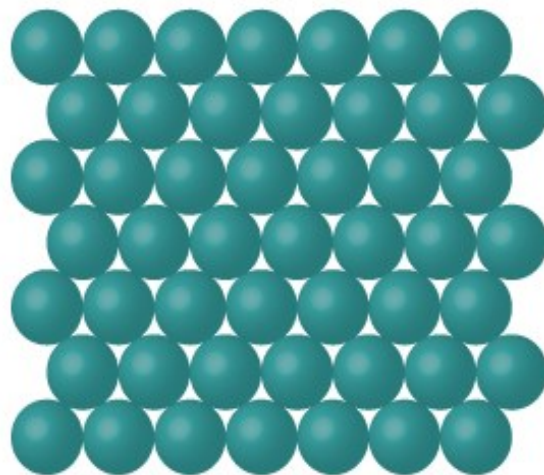
$$\vec{\mu} = IA\hat{n}$$

A soma vetorial de todos os dipolos magnéticos do  $i$ -ésimo átomo na rede pelo inverso de um elemento muito pequeno de volume  $\Delta V$ , resulta no chamado de momento magnético resultante por unidade de volume ou apenas magnetização ( $M$ ), sendo a magnetização uma grandeza vetorial macroscópica capaz de descrever todos os efeitos magnéticos da matéria. Um material é chamado magneticamente ordenado ou possui ordem magnética, se  $M \neq 0$ .

$$\vec{M} = \frac{1}{\Delta V} \sum_i \vec{\mu}_i$$

Um material com magnetização diferente de zero ( $M \neq 0$ ), apresenta ordenação magnética espontânea ou induzida, sendo os materiais chamados ferromagnéticos e paramagnéticos, respectivamente. Uma análise microscópica é necessária para entender a origem dessas diferenças entre os materiais citados. Para uma ilustração visual mais simples, consideramos um material simplificado, constituído de um tipo de átomo, com um dipolo magnético não nulo e que seja um sólido cristalino, ou seja, os cujos átomos formem um arranjo periódico, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Representação de um sólido cristalino constituído de um tipo de átomo.



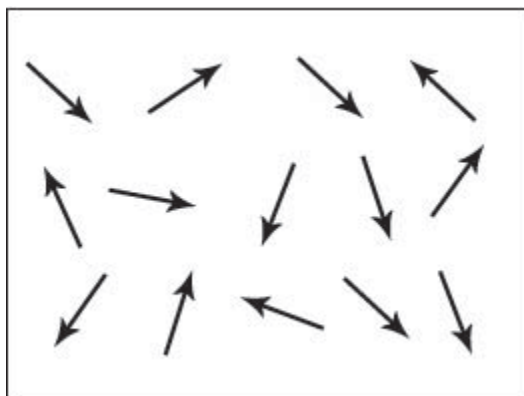
Fonte: LIBRETEXTS (s, d)

É possível então, representar esses átomos como pequenas correntes atômicas, que adotam momento de dipolos ordenados aleatoriamente (Chaves, 2007, p. 220), como visto na



Figura 3. Neste caso, a soma vetorial de todos os momentos de dipolo magnéticos, representados por correntes circulares, será nula, exceto por variações estatísticas.

Figura 3: Representação do material cristalino com correntes atômicas caoticamente ordenadas.



Fonte: DoITPoMS (s.d.)

Na mecânica clássica, um objeto admite dois tipos de momento angular, o orbital ( $L$ ), associado ao seu movimento em torno do núcleo e o de spin ( $S$ ), associado ao movimento intrínseco do elétron, estes momentos do elétron são responsáveis pelos dipolos magnéticos microscópicos. Note que, o análogo clássico do spin corresponderia à rotação de um corpo rígido em torno de seu próprio eixo, uma analogia útil para visualização, embora incompleta, já que o spin é uma propriedade fundamentalmente quântica sem equivalente clássico,

Além do momento angular orbital, associado ao movimento do elétron em torno do núcleo, o elétron também traz outra forma de momento angular, a qual nada tem a ver com o movimento no espaço (e que não é, portanto, descrita por qualquer função das variáveis de posição  $(r, \theta, \phi)$ ), mas que é de alguma maneira semelhante ao spin clássico (e para a qual, portanto, usamos a mesma palavra). Não vale a pena forçar muito essa analogia: o elétron (até onde sabemos) é uma partícula pontual sem estrutura e seu momento angular de spin não pode ser decomposto em momentos angulares orbitais das partes constituintes. Basta dizer que partículas elementares carregam um momento angular intrínseco ( $S$ ), além de seu momento angular 'extrínseco' ( $L$ ) (Griffiths, 2011, p. 128).

Para um sistema orbital, um elétron orbita um núcleo positivo, e iremos expressar este momento de dipolo em termos do momento angular orbital do elétron  $L = rmv$ . Note que, a forma correta de descrever o movimento do elétron só pode ser feita utilizando métodos da mecânica quântica, por outro lado, ao utilizar uma abordagem totalmente clássica, é possível explicar algumas propriedades relevantes para este trabalho. O elétron também apresenta um momento de dipolo magnético gerado pelo seu spin ( $S$ ).

Como discutido anteriormente, as propriedades magnéticas da matéria são dadas pelos momentos de dipolo orbital e de spin, expressados por:

$$\vec{\mu}_L = \frac{q}{2m} \vec{L} \hat{z} \text{ e } \vec{\mu}_S = \frac{q}{m} \vec{S} \hat{z}$$

O momento magnético total ( $\vec{\mu}_T$ ) é dado pela soma vetorial dos momentos de spin  $\vec{\mu}_S$  e orbitais  $\vec{\mu}_L$ . A proporção entre eles não é necessariamente  $\frac{q}{2m}L$  ou  $\frac{q}{m}S$ , mas algum valor intermediário.

$$\begin{aligned} \vec{\mu}_T &= \vec{\mu}_S + \vec{\mu}_L \\ \vec{\mu}_T &= g \left( \frac{q}{2m} \right) \vec{J} \hat{z} \end{aligned}$$

Nessa equação,  $g$  é o fator giromagnético, característico do estado do átomo,  $q$  é a carga e  $m$  a massa do elétron e  $\vec{J}$  o momento angular total dado pela soma vetorial de  $\vec{S}$  e  $\vec{L}$ . O valor do fator  $g$  revela a natureza predominante do magnetismo, se o dipolo magnético for puramente orbital,  $g$  será 1 e para um dipolo magnético puramente de spin  $g$  será 2, voltando assim, para as equações anteriores de  $\vec{\mu}_L$  e  $\vec{\mu}_S$ . De acordo com Chaves (2007), o momento magnético associado ao movimento orbital e de spin, tem o valor igual ao do magnéton de Bohr, sendo  $\hbar$  a constante reduzida de Planck. O campo molecular recebe contribuição primariamente dos momentos magnéticos de spin, segundo Reitz et al. (1982, p. 223) “somente os momentos magnéticos de spin contribuem para o campo molecular”.

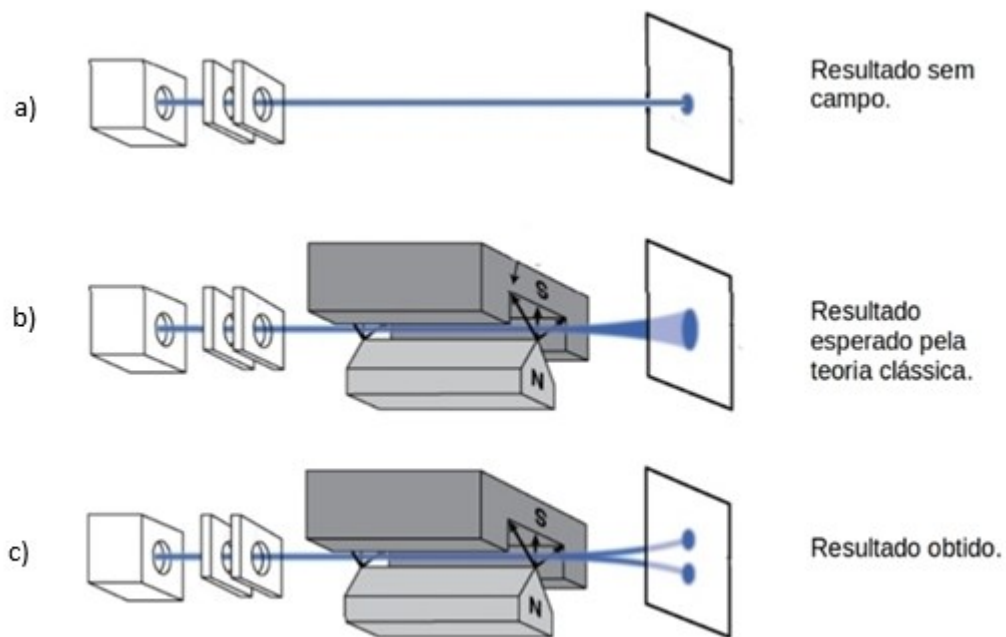
$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m}$$

Na perspectiva microscópica, o momento angular total  $\vec{J}$  e o momento magnético associado  $\vec{\mu}$  são quantizados, assumindo valores discretos dado por  $j\hbar, (j-1)\hbar, \dots, -j\hbar$ . Estes estados quantizados foram primeiramente observados através do experimento de Stern-Gerlach. Proposto pelos físicos alemães Otto Stern e Walther Gerlach, entre os anos de 1921 e 1922 (Gomes, Pietrocola, 2011).

Átomos de prata (Ag) eram evaporados em um forno e colimados por meio de uma fenda, em direção a um campo magnético não uniforme criado por um ímã especial

assimétrico, com um de seus polos pontiagudo, gerando um campo magnético não-homogêneo, como mostrado na Figura 4. Conforme a teoria clássica, os átomos saem do forno com momentos magnéticos apontando em direções aleatórias. A variação rápida do campo gerado pelo formato do magneto faria com que o feixe dos átomos de prata fosse distribuído homogeneamente na placa coletora, formando uma mancha alongada que refletiria a distribuição aleatória dos ângulos de orientação dos dipolos magnéticos, como na Figura 4.b.

Figura 4: Experimento de Stern-Gerlach.



Fonte: Adaptado de Venancio (2014)

No entanto, o que se observou foi um resultado distinto, o feixe não se espalhou de maneira contínua, demonstrando duas manchas bem definidas, correspondendo a uma orientação para cima ( $\uparrow$ ) e outra para baixo ( $\downarrow$ ). Dessa forma, o momento magnético dos átomos só podia assumir dois valores discretos em relação à direção do campo magnético aplicado, ou seja, os momentos magnéticos eram quantizados, como visto na Figura 4.c. De acordo com Feynman,

Que um feixe de átomos, cujos spins tenham sido aparentemente orientados ao acaso, seja disperso em dois feixes é miraculoso. Como o momento magnético sabe que são permitidas apenas determinadas componentes na direção do campo magnético? (...) Era um fato experimental que a energia de átomo em um campo magnético toma uma série de valores individuais. Para cada um desses valores, a energia é proporcional à magnitude do campo (Feynman, 2008, p. 483).

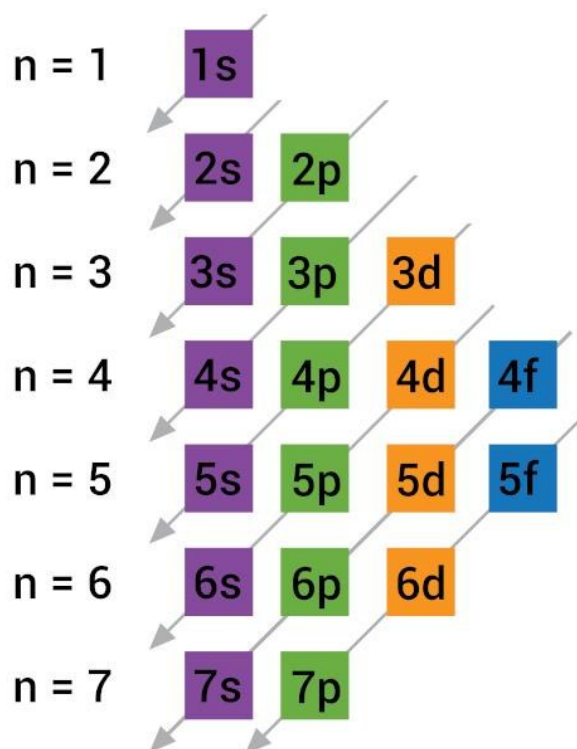
Na ausência de um campo magnético externo, como o do magneto utilizado no experimento de Stern-Gerlach, a orientação desordenada dos momentos magnéticos ( $\mu_i$ ) é fruto

das interações térmicas do sistema. Em meios fluidos (gases ou líquidos), esta desordem surge das colisões internas, enquanto em sólidos, os átomos experimentam uma oscilação térmica. Com isto em mente, os momentos magnéticos ( $\mu_i$ ) trocam energia magnética com energia térmica, realizando transições rotacionais entre estados com inclinações diferentes (Reitz et al., 1982, p. 221), como visto anteriormente na Figura 3. A magnetização resultante destas interações é devida aos elétrons desemparelhados em suas camadas de valência.

## 2.2. CLASSIFICAÇÃO E COMPORTAMENTO MAGNÉTICO

Sabendo que o elemento químico Manganês (Mn), dispõem de 25 elétrons, podemos determinar sua configuração eletrônica utilizando o diagrama de Linus Pauling, que organiza os orbitais de acordo com seus níveis e subníveis de energia, como mostra a Figura 5.

Figura 5: Diagrama de Linus Pauling.

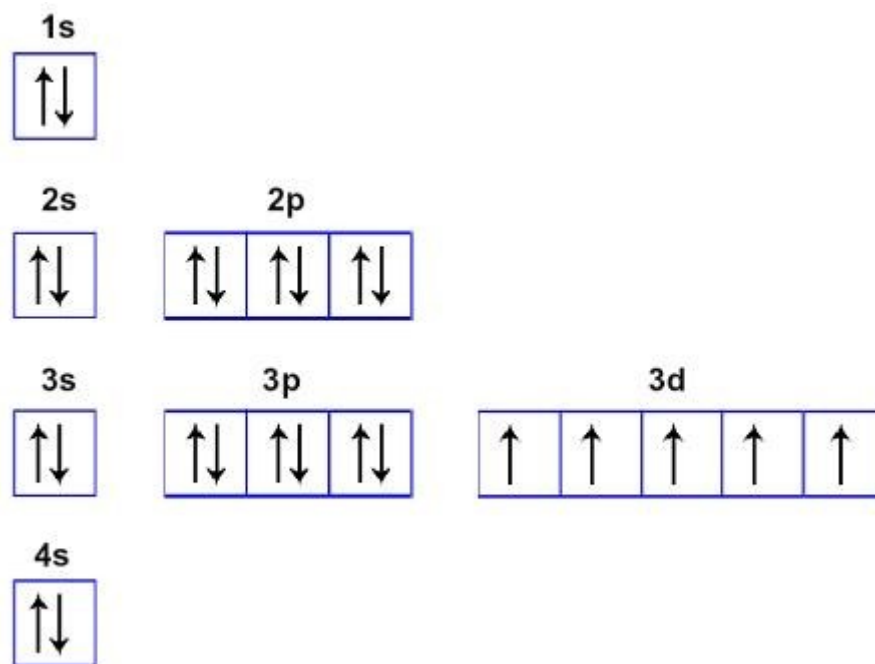


Fonte: Brasil Escola (2016)

Partindo do princípio da exclusão de Pauli, que diz “Duas ou mais partículas idênticas com spins semi-inteiro (como os elétrons) não podem ocupar simultaneamente o mesmo estado quântico.” (Sakurai; Napolitano, 2013, p. 449), ou seja, elétrons com spins com orientação para cima ( $\uparrow$ ), só ocuparão o mesmo subnível (s, p, d, f) com elétrons com spins orientados para

baixo ( $\downarrow$ ) e da regra de Hund que diz “Elétrons em uma mesma subcamada tendem a se manter desemparelhados, apresentando spins paralelos entre si.”, teremos uma distribuição característica dos elétrons na subcamada 3d, mostrado na Figura 6.

Figura 6: Regra de Hund do elemento químico manganês.



Fonte: Mundo Educação (2017)

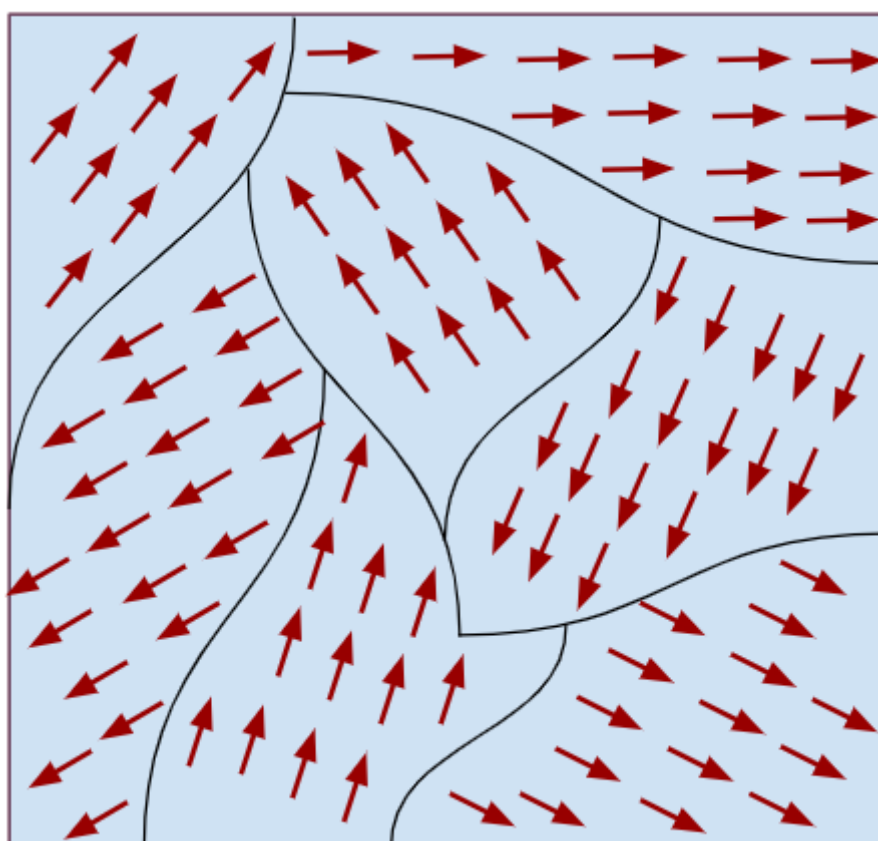
Nos subníveis 1s, 2s, 2p, 3s, 3p e 4s, teremos elétrons emparelhados, ocasionando em um campo magnético resultante igual a zero, onde os momentos de dipolo  $\vec{\mu}_S$  se anulam. Na subcamada eletrônica 3d, teremos uma distribuição levando em consideração o princípio da exclusão de Pauli, ou seja, os elétrons serão desemparelhados, resultando em um campo magnético diferente de zero. Esses elétrons desemparelhados estão presentes tanto em materiais ferromagnéticos quanto em paramagnéticos, entretanto, na ausência de um campo externo, apenas os materiais ferromagnéticos demonstram uma magnetização não nula, como ímãs naturais, enquanto os materiais paramagnéticos apresentam uma magnetização natural sempre igual a zero ( $M=0$ ).

Esta distinção fundamental pode ser compreendida através das interações entre os momentos magnéticos atômicos. Nos materiais paramagnéticos, teremos uma quantidade suficientemente menor de elétrons desemparelhados, fazendo com que estatisticamente a sua magnetização total seja nula para um  $\Delta V$  grande o bastante do ponto de vista microscópico. Materiais paramagnéticos expostos a um campo magnético externo ( $H$ ), demonstram uma

pequena orientação dos dipolos magnéticos em direção ao campo e uma indução magnética na direção contrária, esta orientação é extremamente fraca e precisa de um experimento delicado e um magneto poderoso. Este comportamento característico define os materiais paramagnéticos como o alumínio (Al), o magnésio (Mg) e a platina (Pt).

Em materiais ferromagnéticos, os momentos magnéticos ( $\mu_i$ ) exibem uma ordenação em larga escala, que leva os elétrons desemparelhados a alinharem-se paralelamente em regiões chamadas domínios, mesmo na ausência de um campo externo, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Ordenação em larga escala dos domínios.

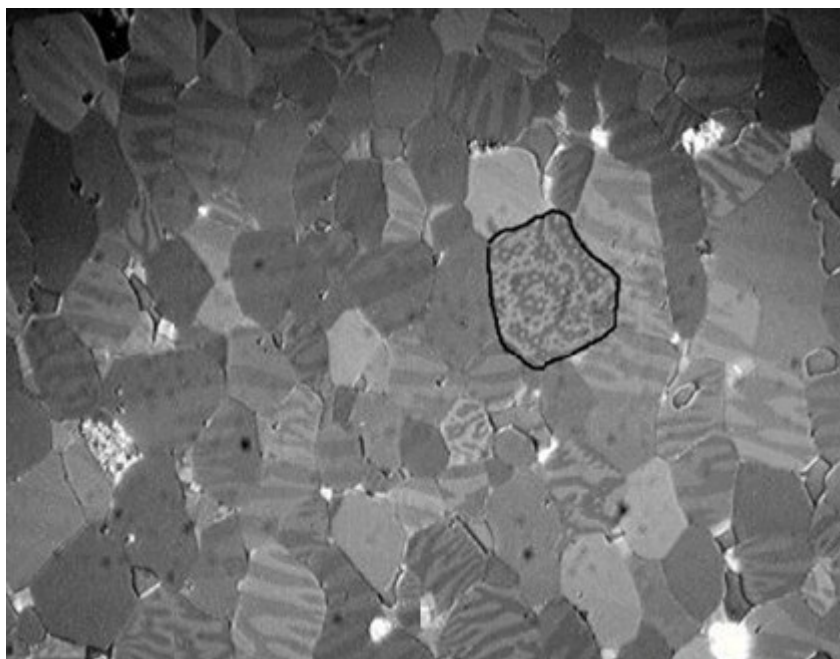


Fonte: Bóson Treinamentos em Ciência e Tecnologia (2020)

Essa teoria foi postulada pelo físico Francês Pierre-Ernest Weiss em 1907. Dentro destes domínios, o campo magnético gerado pelo material é intenso, cada domínio apresenta um comportamento como uma região microscopicamente magnetizada, com campos internos intensos resultantes do alinhamento, como na Figura 8. No entanto, em uma visão macroscópica, o material poderá demonstrar um estado aparentemente desmagnetizado, graças à orientação aleatória dos mesmos, explicando o motivo de pregos ou ferramentas não representarem ímãs fortes, a força responsável pelo alinhamento é chamada de força de troca.

Esse agrupamento dos momentos magnéticos explica por que um material ferromagnético pode não apresentar magnetização detectável externamente, mesmo possuindo magnetização intensa ao nível atômico.

Imagem 1: Grãos microcristalino



Fonte: Wikipédia (2024)

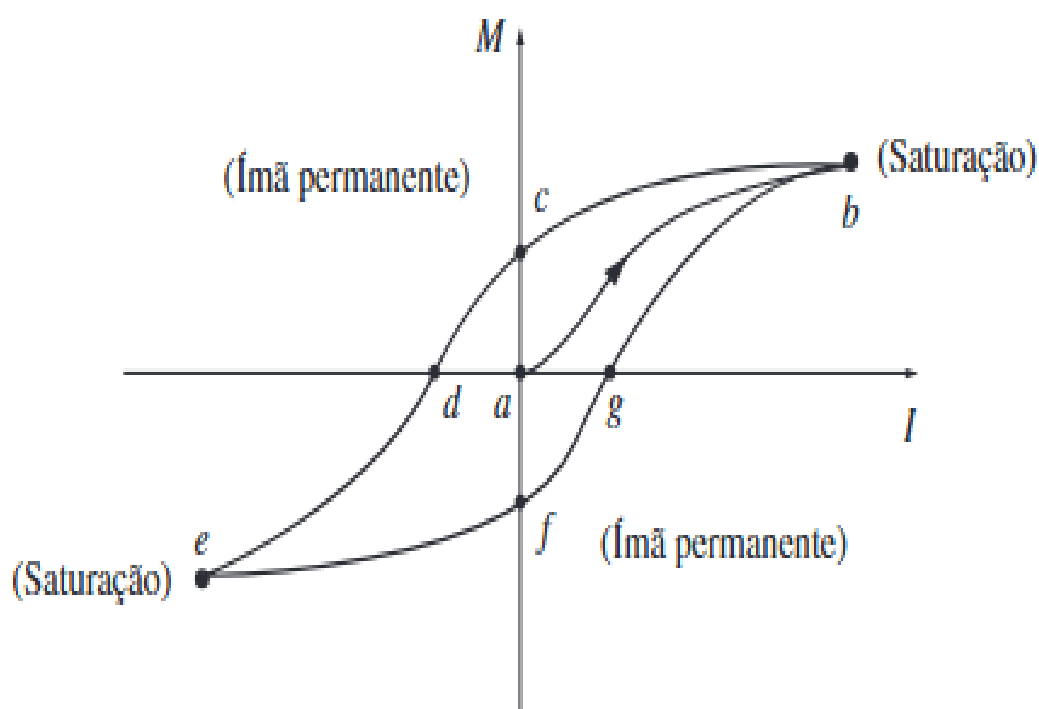
Quando um campo magnético externo ( $H$ ) intenso é aplicado aos materiais categorizados como ferromagnéticos, os domínios cuja magnetização está alinhada com a direção do campo externo crescem progressivamente às custas daqueles com orientação desfavorável (Griffiths, 2011). Esse crescimento se dá pelo deslocamento das paredes de domínio, expandindo os domínios paralelos ao campo  $H$  e diminuindo os desfavoráveis. Esta magnetização dada pela interação com um campo magnético externo forte não é facilmente reversível, uma magnetização residual significativa é mantida ao fazer o desligamento total do campo  $H$ , restando uma prevalência de domínios na direção do campo  $H$ .

Assumindo um aumento incremental do campo  $H$ , o material ferromagnético chegará ao ponto de saturação magnética, onde todos os dipolos estão alinhados e o aumento do campo  $H$  terá nenhum efeito sobre a magnetização total. Podemos a partir da saturação, aplicar um campo magnético negativo de intensidade crescente ( $H \neq 0$ ), de tal forma que, o material perca sua magnetização remanescente, o aumento negativo consecutivo alcançará uma saturação no sentido contrário. Note que, ao desligar completamente o campo externo  $H$ , o material ainda apresentará um campo magnético total diferente de zero, ou seja, uma magnetização

remanescente ( $M \neq 0$ ), resultante do alinhamento parcial dos domínios magnéticos,  $M$  será zero ao aplicar um campo externo em sentido oposto suficientemente intenso para reverter o alinhamento dos domínios.

Este caminho de saturação e insaturação é chamado de ciclo de histerese (Figura 9) e, segundo Reitz et al. (1982, p. 195), o formato da curva depende não só da natureza do material ferromagnético, mas também do valor máximo de  $H$  ao qual o material está submetido.

Figura 8: Ciclo de histerese de um material ferromagnético.



Fonte: Griffiths (1999, p. 194)

Materiais ferromagnéticos demonstram uma temperatura limite que restringe sua aplicação prática, conhecida como ponto de Curie. Fenômeno descoberto por Pierre Curie em 1895, demonstra uma transição do magnetismo permanente de um material se tornando um magnetismo induzido, ou seja, uma transição de material ferromagnético para um material paramagnético, ocorrendo quando a agitação térmica supera as interações de troca que mantêm o alinhamento dos spins, destruindo a ordem magnética de longo alcance. Cada material ferromagnético possui um ponto de Curie característico, determinado por sua estrutura eletrônica e forças de interação entre os átomos, como visto no Quadro 1.



Quadro 1: Temperatura de Curie para diferentes materiais ferromagnéticos.

| Material                | Temperatura de Curie (°C) |
|-------------------------|---------------------------|
| Ferro (Fe)              | 770                       |
| Cobalto (Co)            | 1127                      |
| Níquel (Ni)             | 354                       |
| Ímã de Neodímio (NdFeB) | 310-400                   |

Fonte: O autor (2025)

Os materiais chamados diamagnéticos apresentam uma propriedade que os distingue de outras classes magnéticas: em sua camada de valência, todos os elétrons estão rigorosamente emparelhados, resultando em um momento de dipolo magnético atômico total e uma magnetização macroscópica nula ( $\vec{\mu}_T = M = 0$ ). Entretanto, todos os materiais comuns, incluindo os diamagnéticos, demonstram algum tipo de efeito magnético ao ser exposto a um campo magnético externo ( $H$ ), gerando um campo magnético extremamente fraco por indução, sendo um efeito extremamente fraco, muitas vezes milhares ou até milhões de vezes menor do que o observado em materiais ferromagnéticos (Feynman et al, 2008).

Após a exposição da fundamentação teórica relativa às propriedades magnéticas da matéria, o presente trabalho se embasa na Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard, constituindo o eixo teórico-pedagógico central desta pesquisa. Na sequência, será detalhada a estrutura conceitual da TAD, enfocando seus pilares fundamentais: as instituições, os saberes, os sujeitos e o modelo de análise praxeológica.

### 2.3. A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO

Em meados dos anos 80, o matemático francês Yves Chevallard introduziu a noção de Transposição Didática. Para Chevallard, a transposição didática refere-se a um processo distribuído em três níveis, pelo qual um saber científico ou Saber Sábio, produzido em contextos específicos de pesquisa, é inicialmente transformado em um saber ensinável ou Saber a Ensinar, materializado em programas e diretrizes curriculares para a educação, e por fim, se concretizando em um Saber Ensinado em sala de aula:

Um conteúdo do conhecimento, tendo sido designado como saber a ensinar, sofre então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a tomar lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que de um objeto de saber a ensinar faz até se transformar em objeto de ensino é chamado de transposição didática. (Chevallard, 1991, p. 39, apud Goncalves, 2004)

A transposição didática parte do pressuposto de que o conhecimento não é um elemento abstrato e estático, mas sim, uma atividade humana situada dentro de um contexto social e institucional específico. Nesta perspectiva, o Saber Sábio produzido pela comunidade acadêmica passa por um número de variáveis e de agentes, até ser transformado em Saber a Ensinar. De acordo com Alves Filho et al. (2001), “À primeira vista somos levados a interpretar que o Saber a Ensinar é apenas uma mera ‘simplificação ou trivialização formal’ dos objetos complexos que compõe o repertório do Saber Sábio”. De fato, essa transformação não se resume a adaptações superficiais ou uma simples redução, mas constitui uma reconstrução necessária do conhecimento, na qual elementos selecionados são reorganizados e reestruturados em um novo saber, atendendo finalidades pedagógicas.

No contexto do saber ensinado em sala de aula do ensino médio, observa-se que os livros didáticos frequentemente não são produtos de uma transposição didática adequada, mas sim de uma mera simplificação de conteúdo (Alves Filho et al., 2001, p. 9). Como aponta Wuolac (apud Neves; Barros, 2016), conceitos da física abordados em livros didáticos são reduzidos a constantes, simplificações matemáticas ou algébricas, traduções conceituais para o cotidiano do aluno, etc. Estas modificações conceituais são resultadas de uma transposição didática, atendendo às necessidades e finalidades do ensino. Os professores então, ficam encarregados na adequação dos recursos linguísticos e matemáticos, corroborando com suas necessidades institucionais e pedagógicas, relacionando o conteúdo com a cultura e o cotidiano dos estudantes, estabelecendo o Saber Ensinado:

O processo de aquisição de conhecimento profissional, saber pedagógico e o conhecimento efetivamente utilizado pelos professores estão implícitos na ação. O saber pedagógico do professor estaria sendo elaborado nos processos de reflexão a partir da ação. O conhecimento utilizado efetivamente pelos professores em sua profissão está implícito na ação. Esses processos enfatizam a interação professor-aluno na busca de solução para problemas da prática profissional (Barbosa; Silva, 2008, p. 2).

A Teoria Antropológica do Didático é definida por Chevallard como um aprimoramento das transposições didáticas, servindo como um prolongamento teórico incorporando as relações entre objetos de ensino e as instituições onde estes circulam, indo assim além do estudo restrito da sala de aula (Santos; Menezes, 2015). Chevallard afirma que para o início do desenvolvimento da TAD e seu melhor entendimento, é necessária definir três conceitos fundamentais: os objetos, as pessoas e as instituições.

A definição de objeto de acordo com Chevallard é tudo aquilo reconhecida como existente por uma pessoa ou instituição. Esta definição é ampla e propositalmente aberta, na qual um objeto, como o magnetismo, só adquire existência quando reconhecido por sujeito ou

instituição. Essa concepção de objeto abrange entidades concretas, constructos abstratos, relações matemáticas, etc. As instituições conforme Chevallard correspondem aos ambientes sociais e culturais onde circulam os objetos. Cada instituição estabelece regras, normas, contratos e expectativas que moldam como o objeto é interpretado, ensinado e aprendido. E por fim, a pessoa é o sujeito que interage com os objetos no interior das instituições, como professores, alunos e pesquisadores. Portanto, a pessoa é vista como um grupo de agentes, nunca de forma isolada, sendo os mediadores entre o objeto e a instituição.

Justamente para analisar como as pessoas interagem com os objetos no interior de suas instituições, que Chevallard desenvolveu sua ferramenta central de análise, o modelo praxeológico. Este modelo busca descrever a organização do conhecimento a partir das práticas humanas relacionadas a determinado objeto. Para Chevallard, toda atividade humana pode ser descrita por meio de uma tarefa (T), isto é, uma ação ou problema a ser resolvido. A resolução desta tarefa requer o uso de uma técnica ( $\tau$ ), sendo o conjunto de procedimentos ou modos de fazer empregados para responder adequadamente à tarefa a ser resolvida. Esta dupla tarefa, técnica denomina o bloco prático-técnico.

No contexto do ensino de física, por exemplo, uma tarefa pode ser “Calcule o tempo que um objeto leva para cair de uma altura  $h$ ”. Neste caso, o verbo “calcule”, define a operação mental ou prática a ser realizada pelo estudante. Essa tarefa, por sua vez, exige uma técnica, como aplicar a fórmula  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  ou na realização de um experimento de queda livre com um cronômetro. A técnica sozinha não é capaz de sustentar a resolução da tarefa, exigindo, portanto, uma ferramenta denominada tecnologia ( $\theta$ ), onde, articula os fundamentos que explicam por que a técnica funciona e em quais situações ela pode ser aplicada, justificando e racionalizando os procedimentos adotados. Por fim, a tecnologia apoia-se em uma teoria ( $\phi$ ), que por sua vez, confirma a coerência epistemológica e validade ao conjunto. O grupo tecnológico e teórico é denominado de bloco tecnológico-teórico.

De acordo com Bittar (2017), o modelo praxeológico é fundamental na análise de livros didáticos, visto que, a organização das praxeologias encontradas no texto, estão diretamente relacionadas com os paradigmas de aprendizagem do autor, permitindo a visualização dos métodos epistemológicos inseridos. Isso significa que, a maneira como um livro didático estrutura os blocos prático-técnico e tecnológico-teórico, revela sua concepção sobre como os alunos aprendem. Com isto em mente, Bittar separa os conteúdos do livro didático em duas partes, parte curso, seção correspondente ao desenvolvimento expositivo dos conceitos ao longo

dos capítulos (bloco tecnológico-teórico) e em parte atividades propostas, onde os exercícios, experimentos e questões investigativas são englobados (bloco prático-técnico).

Nesse momento buscamos analisar cada atividade identificando qual é a tarefa do aluno e qual é a técnica que se espera que ele utilize para a resolução da tarefa, tendo como apoio a(s) praxeologia(s) anteriormente identificada(s). Uma pergunta recorrente, e totalmente pertinente, é “como saber que essa é a técnica que o autor gostaria que fosse usada?” Para realizar tal inferência baseamo-nos no que está presente no Manual do Professor e, principalmente, no que foi trabalhado na Parte Curso. Por meio dessa análise procuramos elementos que permitem inferir sobre como os autores do LD desejariam que seus usuários resolvessem as atividades (Bittar, 2017, p. 10).

A grande contribuição desta divisão permite uma investigação precisa de como o livro didático articula a teoria com a prática. Um bom material didático deve apresentar uma forte coerência entre as duas partes, oferecendo as ferramentas conceituais necessárias, por meio de tecnologias e teorias, fundamentando a execução das tarefas utilizando-se as técnicas dispostas.

### 3. METODOLOGIA

A teoria praxeológica de Chevallard forma um sistema codependente, no qual o bloco prático-técnico (das atividades) e o bloco tecnológico-teórico (do curso) se validam reciprocamente. A técnica só pode ser compreendida e legitimada por sua tecnologia correspondente, assim como um discurso teórico demonstra carência de significado sem as tarefas. Partindo desse pressuposto, a análise da parte texto será fortalecida mediante a aplicação dos princípios da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (2016).

De acordo com Valle e Ferreira (2025), a análise de conteúdo (AC) é reconhecida como um método robusto e amplamente aceito no campo da educação, como uma ferramenta metodológica sistemática e objetiva para a interpretação de materiais didáticos. Deste modo, a produção ou seleção dos dados aborda como estes são identificados, categorizados e reduzidos a palavras-chave, assim, facilitando a comparação entre outros elementos. Podemos então, inferir as características do conteúdo, interpretando suas implicações para o processo de ensino e aprendizagem, pois

Um conjunto de técnicas de análise da comunicação voltadas a obter, através de procedimentos sistemáticas e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (qualitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relacionados às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 2016, p. 46 apud Valle; Ferreira, 2025, p. 6)

Conforme Bardin, a análise de conteúdo (AC) é dividida em três etapas fundamentais: pré-análise, exploração do conteúdo e tratamento e interpretação dos resultados. Para garantir a validade e a autenticidade dos resultados, cabe ao pesquisador investigar e executar cada uma dessas etapas da AC com o rigor metodológico, respeitando sua ordem e as características de cada etapa, evitando o comprometimento e a qualidade da investigação (Valle; Ferreira, 2025).

A primeira etapa, a pré-análise, corresponde ao momento de organização inicial do material, através da intuição do pesquisador, permitindo um primeiro contato com esse e diferenciando os pontos relevantes, orientando a pesquisa. Bardin separa esta etapa em 4 subetapas: leitura flutuante, seleção dos documentos, formulação e reformulação dos objetivos e hipóteses e formulação dos indicadores que nortearão a investigação do material (Bardin, 2016 apud Valle; Ferreira, 2025).

A leitura flutuante, corresponde ao primeiro contato do pesquisador com o material, sendo uma leitura exploratória, com o objeto de imersão e familiarização do corpus. Em seguida, baseando-se no contato inicial através da leitura flutuante, o pesquisador faz a seleção dos documentos pertinentes a pesquisa. Com a sondagem do material estabelecida, o

pesquisador define hipóteses preliminares, formula as perguntas orientadoras e o objetivo da análise. Por fim, é feita uma construção de um sistema de indicadores ou categorias provisórias, de tal forma que, sirva como guia para a codificação do material (Valle; Ferreira, 2025).

A segunda etapa, denominada exploração do material, é considerada o núcleo da análise, envolvendo o processo chamado de codificação. Para Bardin (2016 apud Valle; Ferreira, 2025), a codificação é o processo de submeter o conteúdo a uma transformação sistemática dos dados brutos: textos, imagens, pontos de interesse, etc, em códigos ou rótulos relevantes para a pesquisa. Essa codificação pode ser de modo aberta, desenvolvida com o descobrimento de novos padrões e temas no conteúdo, ou de modo fechada, usando categorias e rótulos já estabelecidos, orientados por referenciais teóricos ou hipóteses definidas.

A terceira etapa, intitulada por tratamento e tratamento e interpretação dos resultados, onde os dados brutos, já categorizados, são submetidos a análises inferenciais sistemáticas. O pesquisador, portanto, busca interpretar criticamente os resultados a luz do referencial teórico adotado, adotando significado e sentido (Valle; Ferreira, 2025).


Esta pesquisa elegeu como objetos de análise obras aprovadas nas edições do PNLD 2018 e PNLD 2026. Foram selecionadas 15 coleções ao todo, sendo 11 do PNLD 2018 e 4 do PNLD 2026. A seleção priorizou livros didáticos de Física destinados ao 3º ano do Ensino Médio, momento em que o tema propriedades magnéticas da matéria é tradicionalmente abordado. Um critério para a escolha dessa amostra de conveniência foi o acesso, a sondagem feita apenas com obras com versão digital integral e de fácil acesso ao público de forma gratuita.

As coleções referentes ao PNLD 2021 foram deliberadamente excluídas da amostra, por se tratarem de obras organizadas por grandes áreas do conhecimento. Em particular a de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A análise concentrou-se, portanto, em 11 obras pertencentes ao PNLD 2018 e 4 pertencentes ao PNLD 2026, como listado no Quadro 2, respectivamente.

Quadro 2: Livros da PNLD 2018 e PNLD 2026




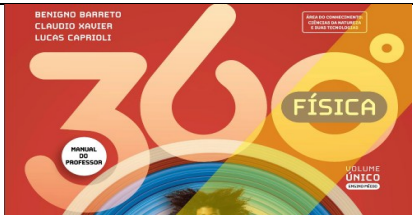


(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Autor(es)/Ano de Publicação                                                                                                      | Editora |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1  |  | Carlos Magno A. Torres,<br>Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo<br>Antonio de Toledo Soares e<br>Paulo Cesar Martins Penteado<br>2016 | Moderna |

(continua)


| Nº | Título da Obra                                                                      | Autor(es)/Ano de Publicação                                                              | Editora |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2  |    | Alberto Gaspar<br>2013                                                                   | ática   |
| 3  |    | Glorinha Martini, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis e Blaid Sant'Anna<br>2016          | Moderna |
| 4  |    | Gualter José Biscuola, Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca<br>2016                    | Saraiva |
| 5  |  | Benigno Barreto Filho e Claudio Xavier da Silva<br>2016                                  | FTD     |
| 6  |  | Maurício Pietrocola, Alexander Pogibin, Renata de Andrade e Talita Raquel Romero<br>2016 | Brasil  |
| 7  |  | Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano<br>2016                                         | Leya    |
| 8  |  | Kazuhito Yamamoto e Luiz Felipe Fuke<br>2016                                             | Saraiva |

(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Autor(es)/Ano de Publicação                                                                                                                                                       | Editora  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 9  |    | José Roberto Bonjorno, Clinton Marcico Ramos, Eduardo de Pinho Prado, Valter Bonjorno, Mariza Azzolini Bonjorno, Renato Casemiro e Regina de Fátima Souza Azenha Bonjorno<br>2016 | FTD      |
| 10 |    | Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares e Carla da Costa Guimarães<br>2016                                                                                       | scipione |
| 11 |  | Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira e Wilson Carron<br>2016                                                                                                                  | ática    |
| 12 |  | Benigno Barreto<br>Claudio Xavier<br>Lucas Caprioli<br>2024                                                                                                                       | FTD      |
| 13 |  | Nicolau Gilberto Ferraro<br>Carlos Magno A. Torres<br>Paulo Cesar Martins Penteado<br>2024                                                                                        | Moderna  |
| 14 |  | Ricardo Helou Doca<br>Ronaldo Fogo<br>2024                                                                                                                                        | Moderna  |



(conclusão)

| Nº | Título da Obra                                                                    | Autor(es)/Ano de Publicação                                             | Editora   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 15 |  | Ernani Vassoler Rodrigues<br>Júlia Ogata<br>Maurício Pietrocola<br>2024 | do Brasil |

Fonte: O autor (2025)

Seguindo a Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard e a estrutura proposta por Marilene Bittar, dividida em duas partes, parte curso e parte atividades propostas. A parte curso será analisada através da teoria proposta por Laurence Bardin, utilizando um método sistemático e objetivo de análise de conteúdo, os elementos importantes sendo identificados e classificados. O processo se dará em três etapas principais como discutido por Bardin, a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados e interpretação.

A Etapa 1 é dada pela pré-análise do material, sendo feito um estudo do texto de forma sistemática. Esta etapa tem como objetivo organizar os dados, diferenciando o conteúdo relevante e pertinente ao tema abordado, através de uma leitura flutuante do material, seleção dos trechos relevantes para a análise e a formulação dos objetivos explicando a necessidade da abordagem do tema. Em seguida, na etapa de exploração do material, realiza-se uma codificação do conteúdo, em que os trechos selecionados são agrupados e categorizados, de tal forma que ocorra uma transformação em dados analisáveis, como palavras-chave, temas, imagens etc. Por fim, o tratamento e interpretação dos dados são sujeitos a uma análise crítica, buscando a melhor compreensão de como os conceitos são apresentados, as estratégias didáticas empregadas e as possíveis lacunas ou equívocos presentes na obra (Bardin, 2016), e categorizadas em Superficial, Intermediário e Aprofundado.

Um material é considerado Superficial, na ausência das categorizações entre materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos. Esta superficialidade é agravada na presença de exemplos e aplicações cotidianas extremamente simplificados. Por fim, o material falha em suprir essa lacuna com propriedades mais avançadas, ou uma exploração teórica mais adequada dos temas abordados.

É categorizado como intermediário o material que aborda de forma concisa e com um rigor teórico adequado, as propriedades e as diferenças dos materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, trabalhando conceitos um pouco mais sofisticados e

contextualizando aplicações tecnológicas, trazendo exemplos bem estruturados, funcionando como uma base robusta, porém não conclusiva para o estudo.

Aprofundado é o livro texto que apresentar a teoria magnética da matéria de forma completa, explicando e relacionando os conceitos fundamentais à natureza dos ímãs elementares, à teoria dos domínios magnéticos, ao spin do elétron, à importância dos elétrons desemparelhados, explicitando, ainda, os diferentes materiais magnéticos. Além deste rigor conceitual, espera-se que traga exemplos e aplicações tecnológicas bem estruturados e interessantes.

Em seguida, é feita uma análise da parte atividades propostas, seguindo as praxeologias da Teoria Antropológica do Didático. O primeiro passo deste procedimento é averiguar a existência ou não de questões temáticas diretamente relacionadas às propriedades magnéticas da matéria, através de uma leitura panorâmica das questões, exercícios e atividades experimentais dispostas nos livros didáticos. Após a identificação das atividades pertinentes, a análise segue os dois blocos interdependentes das praxeologias da TAD, bloco prático-técnico e bloco tecnológico-teórico.

O bloco prático-técnico, marcado por um verbo de ação, refere-se a prática imediata do conhecimento, constituído por tarefas e técnicas. Caracterizando os tipos de tarefas proposta aos estudantes, como classificar os tipos de materiais magnéticos, analisar o gráfico de histerese ou calcular grandezas, e as técnicas correspondentes do procedimento, como a aplicação de fórmulas, consultar diagramas ou tabelas. O bloco tecnológico-teórico, corresponde a dimensão explicativa e justificativa do conhecimento, buscando por meio das tecnologias e da teoria, justificativas e explicações presentes no livro que validem as técnicas utilizadas e os princípios e conceitos físicos no qual estas explicações se apoiam, como o experimento de Stern-Gerlach, ou o princípio da exclusão de Pauli.

Os dados da parte curso são organizados utilizando quadros classificados, de modo a facilitar uma análise sistemática, permitindo uma visualização das relações entre os diferentes elementos e facilitando a interpretação crítica dos resultados, esta classificação será dividida da seguinte forma: ‘Título da Obra’, ‘Categorização e Capítulo/Seção’ e ‘Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados’. A análise da parte atividades propostas foi conduzida separando e categorizando em um quadro, os tipos de tarefas encontradas de acordo com as praxeologias da Teoria Antropológica do Didático. Com o objetivo de mapear o que se pede (a tarefa), como se espera a execução da atividade (a técnica) e se os elementos teóricos necessários são abordados para validar e compreender esse procedimento (a tecnologia e teoria).

Por fim, a interpretação dos dados tem o foco em avaliar a coerência e a completude da articulação entre os blocos da praxeologia da Teoria Antropológica do Didático, verificando se as tarefas práticas são adequadamente sustentadas por uma base teórica consistente, promovendo uma compreensão significativa dos fenômenos magnéticos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES



A análise da profundidade teórica da parte curso realizada nas 15 obras selecionadas, sendo 11 do PNLD 2018 e 4 do PNLD 2026, revelam uma disparidade na abordagem da teoria magnética dos materiais. A maior parte destas obras examinadas recebem a categorização de Superficial totalizando 53,3% ou 8 livros. Outras 6 obras totalizando 40%, foram classificadas no nível Intermediário e apenas 1 obras ou 6,7% atingiram a categoria Aprofundada. Os resultados obtidos são categorizados conforme os critérios estabelecidos na metodologia e sumarizados no Quadro 3.

Quadro 3: Categorização e conteúdo abordado dos livros analisados.


(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Categorização e Capítulo/Seção                | Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |   | Superficial<br>Capítulo 2 (págs. 74 – 116)    | Ímã elementar, materiais ferromagnéticos, magnetização ou imantação, ordenação dos dipolos magnéticos<br>Microfones, alto-falantes, bússola, trem maglev                                                                                                                                                        |
| 2  |  | Intermediário<br>Capítulo 8 (págs. 144 - 165) | Magnetização ou imantação, materiais ferromagnéticos, paramagnéticos, diamagnéticos, antiferromagnéticos e ferrimagnéticos, ponto de Curie, domínios magnéticos<br>Balança de torção de Coulomb, bússola, ímãs de materiais ferromagnéticos e de ligas modernas, medidores analógicos, permeabilidade magnética |

(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                     | Categorização e Capítulo/Seção                                                 | Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  |   | Intermediário<br>Capítulo 10<br>(págs. 154 - 165)                              | <p>Imãs naturais e artificiais, momento magnético orbital, ímã elementar, orientação dos momentos de dipolo, magnetização ou imantação, materiais ferromagnéticos e paramagnéticos, ponto de Curie, ciclo de histerese</p> <p>Bússola, a dança do magnetismo terrestre</p>                                                                                                                                                                                                                  |
| 4  |  | Aprofundado<br>Capítulo 9<br>(págs. 180 - 201) e Capítulo 10 (págs. 202 - 214) | <p>Momento magnético orbital, momento magnético de spin, orientação dos spins, elétrons desemparelhados, materiais ferromagnéticos, domínio magnético, magnetização ou imantação, ciclo de histerese, ponto de Curie, permeabilidade relativa</p> <p>Experimento do ponto de Curie e uma tabela com o ponto de Curie de diferentes materiais, tabela com a permeabilidade relativa de alguns materiais, motor esquematizado, galvanômetro de quadro móvel, alto-falante de bobina móvel</p> |

(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Categorização e Capítulo/Seção                                                 | Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados                                                                                                                                                                                             |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  |    | Superficial<br>Capítulo 8<br>(págs. 137 - 149) e Capítulo 10 (págs. 160 - 174) | Magnetização ou imantação<br>Bússola, sistema GPS, trem maglev                                                                                                                                                                      |
| 6  |    | Intermediário<br>Capítulo 3<br>(págs. 60 - 73)                                 | Magnetização ou imantação, materiais ferromagnéticos e não ferromagnéticos, dipolo magnético, Ímãs elementares, domínio magnético, desmagnetização<br>Bússola, experimentos para observação da desmagnetização                      |
| 7  |  | Intermediário<br>Capítulo 3<br>(págs. 115 - 154)                               | Materiais ferromagnéticos, diamagnéticos e paramagnéticos, magnetização ou imantação, ímãs elementares, domínio magnético, momento magnético de spin, ponto de Curie<br>Bússola, trem maglev, galvanômetro, alto-falante, microfone |

(continua)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Categorização e Capítulo/Seção                                                  | Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados                                                                                                                                                                                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  |    | Superficial<br>Capítulo 13 (págs. 174 - 194)                                    | Materiais ferromagnéticos, magnetização ou imantação, domínios magnéticos, momento magnético de spin, ponto de Curie<br><br>Cartões com tarja magnética, fones de ouvido, caixas acústicas, bússola                         |
| 9  |   | Superficial<br>Capítulo 7 (págs. 134 - 155)                                     | Magnetização ou imantação, ímãs elementares, domínios magnéticos<br><br>Bússola, magnetos duros ou magnetos permanentes, motores, alto-falantes, transformadores, magnetos doces, sistema antifurto em lojas.               |
| 10 |  | Intermediário<br>Capítulo 6 (págs. 148 - 171) e<br>Capítulo 7 (págs. 172 - 190) | Magnetização ou imantação, domínios magnéticos, ímãs elementares, materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, ponto de Curie<br><br>Trem maglev, bússola, abelhas Apis Mellifera, motor de corrente contínua |
| 11 |  | Superficial<br>Capítulo 6 (págs. 114 - 137)                                     | Materiais ferromagnéticos, domínio magnético, ímãs elementares<br><br>Bússola, gerador eólico                                                                                                                               |

(conclusão)

| Nº | Título da Obra                                                                      | Categorização e Capítulo/Seção                                                    | Conteúdo Abordado e Exemplos Utilizados                                                                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 |    | Superficial<br>Capítulo 5 - Tema 29 (págs. 351 - 370)                             | Magnetização ou imantação<br>Bússola                                                                                                                                                                                             |
| 13 |    | Superficial<br>Capítulo 19 (págs. 297 - 314) e<br>Capítulo 20 (págs. 315 - 332)   | Ímãs permanentes, ímãs temporários, materiais ferromagnéticos, magnetização ou imantação, ímãs elementares<br>Bússola, microfone de indução, alto-falante, cartão magnético, detector de metais                                  |
| 14 |  | Superficial<br>Capítulo 23 (págs. 394 - 414)                                      | Materiais ferromagnéticos, magnetização ou imantação, ímãs permanentes, ímãs temporários, ímã elementar<br>Alto-falante, bússola                                                                                                 |
| 15 |  | Intermediário<br>Capítulo 15 (págs. 247 - 256) e<br>Capítulo 16 (págs. 257 - 279) | Dipolo magnético, domínio magnético, spin, magnetização ou imantação, desmagnetização, temperatura de Curie, saturação magnética, histerese magnética<br>Bússola, orientação de aves em migração, disco rígido, cartão magnético |

Fonte: O autor (2025)



Um estudo global do Quadro 3 permite identificar um padrão nos livros categorizados como superficiais, marcados principalmente pela falta de distinção entre os materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos. Entretanto, os livros de número 8 (Física para o Ensino Médio), de número 5 (Física aula por aula) e de número 12 (Física 360°) se destacam nesta categoria. O livro Física para o Ensino Médio se diferencia ao tentar trabalhar conceitos avançados como momento magnético de spin e o ponto de Curie. Apesar de sua iniciativa, a sua classificação está como Superficial, uma vez que estes tópicos são mencionados em apenas um parágrafo e de forma extremamente breve, desprovido do rigor teórico necessário para uma boa compreensão, podendo gerar mais dúvidas do que respostas.

Por outro lado, os livros Física aula por aula e Física 360° se destacam por apresentar a menor abrangência de conteúdo dentre as obras analisadas, discutindo apenas magnetização e imantação. De maneira contrária, estas obras deixam de fazer qualquer menção ao ferromagnetismo, sendo este o assunto discutido na grande maioria dos livros didáticos. O livro Física 360° também demonstra a menor quantidade de exemplos e aplicações de materiais magnéticos, recorrendo ao exemplo clássico e ultrapassado da bússola.

Das obras consideradas Intermediária, destaca-se as obras de número 15 (Física Cultura e mundo contemporâneo) e de número 7 (Física Interação e Tecnologia), por optarem em focar sua abordagem exclusivamente no ferromagnetismo, considerando o caso de maior aplicabilidade prática, negligenciando o paramagnetismo e diamagnetismo. A mera inclusão dos tópicos do ciclo de histerese magnética, temperatura de Curie e o spin, por mais do que de forma superficial, não contribuem para o total entendimento dos conceitos de forma autônoma. Em contrapartida, o livro Física Interação e Tecnologia apresenta de maneira aprofundada os diferentes tipos de materiais magnéticos e suas formações, em um complemento intitulado “Algo A+”.

Recebendo a categorização de aprofundada de forma isolada, o livro de número 4 (Física 3) trata o estudo da formação dos materiais magnéticos detalhadamente, com um rigor teórico acessível para os alunos do Ensino Médio, sendo complementada por recursos didáticos como exemplos práticos ilustrativos, experimento para a comprovação do ponto de Curie e quadros organizados dos materiais discutidos, auxiliando significativamente a visualização e a compreensão dos conceitos apresentados. Esta abordagem é estruturada ao longo de quatro seções, e no capítulo seguinte, apresenta uma explicação minuciosa do funcionamento do galvanômetro e dos alto-falantes.

Dos quinze livros didáticos escolhidos para esta pesquisa, apenas sete ou 46,7% apresentaram alguma atividade ou exercícios específicos sobre as propriedades magnéticas da

matéria. Esta ausência em 53,3% das obras, corrobora com a baixa prioridade no ensino deste tópico, refletindo o resultado encontrado durante a análise da parte curso. Entre as sete obras com atividades, duas foram classificadas como superficiais, quatro foram classificadas como intermediárias e uma única categorizada como aprofundada.

Nestas obras, foi identificado um total de 13 exercícios e atividades passíveis de análise entre estes sete livros. Este conjunto de atividades podem ser categorizadas em cinco tipos de tarefa T principais, conforme detalhado no Quadro 4.

Quadro 4: Tipos de Tarefa (T)

| Tipo de Tarefa (T)           | Descrição                                               | Frequência   | Exemplos                                                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1: Descrição/Definição      | Reproduzir definições ou descrever processos            | 3 exercícios | “O que se entende por domínio magnético?”, “Descreva o processo de magnetização...”              |
| T2: Explicação/Justificativa | Usar um modelo teórico para explicar um fenômeno.       | 3 exercícios | “Usando a noção de domínios... explique...”, “Como a movimentação dos elétrons está relacionada” |
| T3: Análise e Julgamento     | Identificar e corrigir afirmações verdadeiras ou falsas | 1 exercício  | “Dadas as afirmações... identifique a(s) verdadeira(s) e corrija a(s) falsa(s)...”               |
| T4: Aplicação Prática        | Propor métodos experimentais ou aplicações              | 2 exercícios | “Descreva duas maneiras de testar...”                                                            |
| T5: Análise de Experimento   | Interpretar o resultado de uma montagem experimental    | 1 exercício  | “Descreva o que você observou...”, “Se o procedimento fosse repetido com...”                     |

Fonte: O autor (2025)

Utilizando a obra de número 4 como referência, por apresentar uma parte curso considerada aprofundada, espera-se que as técnicas, tecnologias e teoria estejam alinhadas com as praxeologias da TAD. A atividade promovida nesta obra se encaixa na tarefa T5: Análise de Experimento, onde é proposto a investigação do fenômeno da temperatura de Curie do Nicromo. Neste exercício apresenta o procedimento e os materiais utilizados em forma de roteiro experimental, desenvolvendo a técnica a ser seguida, incrementada de for clara é, por sua vez, sustentada pelo discurso tecnológico-teórico previamente desenvolvido no capítulo da obra. Tratando-se de uma atividade com organização praxeológica completa, onde os blocos prático-técnico e tecnológico-teórico se inter-relacionam.

Entre as obras com atividade, se destaca a obra de número 6, por apresentar dois tipos distintos de tarefa, sendo T1: Descrição/Definição e T2: Explicação/Justificativa, como observado nas questões:

- O que se entende por domínio magnético?
- Usando a noção de domínios magnéticos, explique por que alguns materiais são atraídos por ímãs e outros, não.
- Uma agulha não apresenta propriedade magnética (não atrai outros corpos), mas pode atrair outros corpos quando estiver muito próxima de um ímã. Justifique esse fato pela noção de domínios magnéticos.

Embora estas questões trabalhem a mesma base teórica (domínios magnéticos) sua técnica é distinta, demandando definição conceitual e explicação com aplicação de um modelo. Estas técnicas são sustentadas pelo corpo texto da obra, ou seja, seu bloco tecnológico-teórico são desenvolvidas previamente com clareza.

Diferente dos exercícios encontrados em livros categorizados como intermediários e aprofundados, os dois únicos livros superficiais que apresentam alguma atividade, livro 9 e 11, propõem questões limitadas a memorização. A atividade do livro 9, se encaixa na tarefa T4: Análise e Julgamento de afirmações verdadeira(s) ou fala(s), é um exemplo claro da abordagem Superficial, sendo as proposições relativas ao tema:

- A existência de ímãs permanentes se explica com base na ordenação espontânea de pequenos ímãs elementares, presentes em seu interior.
- As propriedades magnéticas de um ímã de aço diminuem com a temperatura.

Ambas são verdadeiras, retirando o incentivo de articular conceitos ou construir explicações. No entanto, esta obra deixa de providenciar a base tecnológica-teórica para responder à proposição sobre a mudança da intensidade magnética de ímãs com o aumento da temperatura, sendo o único material com uma falha na fundamentação teórica (bloco tecnológico-teórico) para o sustentamento da prática (bloco prático-técnico).

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma sondagem e analisar de forma sistemática como alguns livros didáticos de Física, apresentados nos PNLD 2018 e 2026, abordam as propriedades magnéticas da matéria, utilizando como referência teórica e metodológica a TAD de Yves Chevallard.

A aplicação do modelo, reforçada pela estrutura introduzida por Bittar e da Análise de Conteúdo de Bardin, permitiu identificar que, embora os livros apresentem de forma consistente o tópico da formação dos materiais magnéticos, a abordagem metodológica relacionada ao ensino do conteúdo (bloco tecnológico-teórico) revela carências no rigor teórico, limitando a articulação entre os conceitos, tarefas e técnicas, comprometendo a aprendizagem que os exemplares proporcionam. Para quantificar a variação na qualidade teórica das obras, elas foram categorizadas em três níveis de abordagem: Superficial, Intermediário e Aprofundado.

As categorias foram desenvolvidas considerando critérios específicos: as obras consideradas superficiais caracterizam-se pela ausência da diferenciação dos materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, sem se aprofundar em outros aspectos complexos da teoria magnética; obras intermediárias abordam a distinção entre os tipos de materiais magnéticos ou introduzem conceitos complexos com uma contextualização e a utilização de aplicações tecnológicas adequadas; obras aprofundadas distinguem-se pela apresentação completa da teoria, relacionando os conceitos fundamentais com exemplos e aplicações tecnológicas interessantes.

Ao todo, foram analisadas 15 obras didáticas, sendo 11 do PNLD 2018 e 4 do PNLD 2026. A distribuição das obras por nível de profundidade teórica revelou uma predominância de abordagem Superficial, correspondendo a 53,3% (8 livros), seguida das Intermediárias, com 40% (6 livros) e apenas 6,7% (1 livro) atingiu a categoria de Aprofundado. Dos livros analisados e categorizados, apenas sete apresentam exercícios ou atividades coerentes com o tema abordado, sendo 2 livros superficiais, 4 intermediários e 1 aprofundado.

Conclui-se que a parte curso dos livros (bloco tecnológico-teórico  $[\theta, \phi]$ ) apresenta lacunas teóricas em suas abordagens metodológicas para o ensino da teoria magnética da matéria, lacuna essa reforçada pela carência de exercícios e atividades (bloco prático-técnico  $[T, \tau]$ ), o que impede a consolidação e a aplicação crítica dos conceitos apresentados.

Para reverter este cenário, é necessária uma transposição didática intencionalmente focada na articulação entre teoria e prática, garantindo coerência praxeológica entre os blocos

tecnológico-teórico e prático-técnico, facilitando a compreensão do magnetismo, como induz uma visão crítica e integrada da física.

## 6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. E ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2,p.176-194, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BARBOSA, Maria A.; SILVA, Wagner da C.. Construtivismo Investigativo dos Professores como Auxílio nas Práticas Pedagógicas e no Ensino da Física. **SCIENTIA PLENA**, v. 4, n. 12 2011. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/651>. Acesso em: 06 set. 2025.
- BITTAR, Marilena, A Teoria Antropológica do Didático como Ferramenta Metodológica para Análise de Livros Didáticos. **Zetetike**, Campinas, SP, v. 25, n. 3, p. 364-387, 2017. DOI: [10.20396/zet.v25i3.8648640](https://doi.org/10.20396/zet.v25i3.8648640). Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8648640>. Acesso em: 06 set. 2025.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019. Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em 16 jul. 2025.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 16 jul. 2025.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 16 jul. 2025.
- CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez Ed., 2011.
- DE OLIVEIRA, Fábio Anastácio. **Uso e divulgação do software livre Tracker em aulas de Física do Ensino Médio**. Orientador: Arandi Bezerra Junior. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1157/1/CT\\_PPGFCET\\_M\\_Oliveira%2C%20Fabio%20Anastacio%20de\\_2014.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1157/1/CT_PPGFCET_M_Oliveira%2C%20Fabio%20Anastacio%20de_2014.pdf). Acesso em: 23 mar. 2025.
- DIAS, Diogo Lopes. Domínio Weiss. **Mundo Educação**, 2017. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/distribuicao-eletronica-orbitais.htm#>. Acesso em: 06 set. 2025.

DOITPOMS (Dissemination of IT for the Promotion of Materials Science). **Types of Magnetism**. University of Cambridge, s. d. Disponível em: <https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ferromagnetic/types.php>. Acesso em: 06 set. 2025.

ELETRÓFORO. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [San Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2019]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro> . Acesso em: 13 jul. 2025.

CONFERECE CATALYSTS, LLC. **2025 Magnetism Conference Palm Beach, Florida**. Disponível em: <https://2025.magnetism.org/>. Acesso em: 6 set. 2025.

LIBRETEXTS. **O estado sólido da matéria**. s. d. Disponível em: [https://query.libretexts.org/Idioma\\_Portugues/Quimica\\_1e\\_%28OpenStax%29/10%3A\\_L%C3%ADquidos\\_e\\_s%C3%B3lidos/10.5%3A\\_O\\_estado\\_s%C3%B3lido\\_da\\_mat%C3%A9ria](https://query.libretexts.org/Idioma_Portugues/Quimica_1e_%28OpenStax%29/10%3A_L%C3%ADquidos_e_s%C3%B3lidos/10.5%3A_O_estado_s%C3%B3lido_da_mat%C3%A9ria). Acesso em 06 set. 2025.

MAGNETIC DOMAIN, In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_domain](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Magnetic_domain). Acesso em: 06 set. 2025.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física: The Feynman Lectures on Physics**. São Paulo: Bookman, 2008. v. 2. ISBN 0-8053-9045-6

FRANÇA E SILVA, M.; KAGIMURA, R. Aprendizagem ativa como ação afirmativa no combate à retenção escolar. In: **XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2019, Salvador.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1996. 165 p.

MACHADO, Kleber Daum. **Teoria do Eletromagnetismo**. Ponta Grossa: UEPG, 1982. v. 3. ISBN 85-86941-77-8.

MORAIS, J. U. P. O Livro Didático de Física e o ensino de Física: suas relações e origens. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/385>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2011.

Neves, K. C. R.; BARROS, R. M. de O. Diferentes Olhares Acerca da Transposição Didática. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 103-115, 2011.

NOVAIS, Stéfano Araújo. Camada de Valência. **Brasil Escola**, 2016. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/camada-valencia.htm>. Acesso em: 06 set. 2025.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. Ed. São Paulo: PEARSON, 2011

GRIFFITHS, David J. **Introduction to Electrodynamics**. Upper Saddle River: Prentice hall, 1999

GRIFFITHS, David J. **Mecânica Quântica**. 2. Ed. São Paulo: PEARSON, 2011

GOMES, G. G.; PIETROCOLA, M. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, jun. 2011.

**PNLD 2021 | PNLD – Guias Digitais.** Disponível em: [https://pnld.nees.ufal.br/pnld\\_2021\\_didatico/livros](https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/livros). Acesso em: 2 out. 2025.

REIS, Fábio dos. Conceitos Básicos de Magnetismo. **Bóson Treinamentos em Ciência e Tecnologia**, 2020. Disponível em: <https://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/conceitos-basicos-de-magnetismo/>. Acesso em: 06 set. 2025.

REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W.. **Fundamentos da Teoria Eletromagnética**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1982

RODRIGUES, R. A. **Evasão no curso Física licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia: causas e demandas**. 2016. 82 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) - Instituto de Física, UFU, Uberlândia.

SANTOS, V. dos A. dos; MARTINS, L. A Importância do Livro didático. **Candombá**. v. 7, n. 1, p. 20-33, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.unijorge.com.br/candomba/article/view/665>. Acesso em: 06 set. 2025.

SAKURAI, J. J.; NAPOLITANO, Jim. **Mecânica Quântica Moderna**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2013. ISBN 9780805382914

SILVIA, A. B.; OLIVEIRA, C. D. Content Analysis in the Perspective of Bardin: Contributions and Limitations for Qualitative Research in Education. **Research Society and Development**, v. 13, n. 4. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/388569600\\_Content\\_analysis\\_in\\_the\\_perspective\\_of\\_Bardin\\_contributions\\_and\\_limitations\\_for\\_qualitative\\_research\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/388569600_Content_analysis_in_the_perspective_of_Bardin_contributions_and_limitations_for_qualitative_research_in_education). Acesso em: 06 set. 2025.

SOUSA, A.; ESPIR, I.A.; RIPOSATI, A.A.; AUTH, M. A. Uso da CTS em aulas de Física: uma abordagem sobre radiação a partir dos celulares. In: IX ENCONTRO MINEIRO DE INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA, 2018. **Anais do IX Encontro**. Uberlândia: UFU, 2018. Disponível em: <http://www.emie.facip.ufu.br/node/49>. Acesso em 12 jun. 2025.

VENANCIO, Bruno Felipe. **A Experiência de Stern-Gerlach e o Spin do Elétron**. 20 slides. Disponível em: [https://fisica.ufpr.br/bettega/Apresentacao\\_Bruno.pdf](https://fisica.ufpr.br/bettega/Apresentacao_Bruno.pdf). Acesso em: 06 set. 2025.

**XXXIII Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada**. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/~enfmc/xxxiii/>. Acesso em: 6 set. 2025.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, set-dez 2011.