

# A EVOLUÇÃO DO CONTEÚDO DE ÓPTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS NAS PERSPECTIVAS DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD)

*The evolution of optical content in science textbooks in the perspectives of Brazil's National Textbook Program (BNTP)*

Marília Campolino Peterle Farias<sup>1</sup> [[mariliatcf@hotmail.com](mailto:mariliatcf@hotmail.com)]

Samuel Costa<sup>1</sup> [[samuel.costa@ifsc.edu.br](mailto:samuel.costa@ifsc.edu.br)]

Lucas Telichevesky<sup>1</sup> [[lucas.telichevesky@ifsc.edu.br](mailto:lucas.telichevesky@ifsc.edu.br)]

<sup>1</sup>Licenciatura em Ciências da Natureza com Habilitação em Física do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus Araranguá

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a contribuição do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) na abordagem de óptica em uma coleção de livros didáticos de ciências do último ano do ensino fundamental ao longo dos últimos trinta anos. Foi escolhido o conteúdo de óptica por se tratar de um tema abstrato, porém próximo do cotidiano e que a abordagem geralmente valoriza a parte geométrica. Foi avaliado o espaço ocupado, a linguagem utilizada, a relação entre cotidiano e conteúdo, as imagens, os exercícios propostos, a forma como são propostos os experimentos, além de recursos adicionais, como glossário e textos complementares. Ao longo dos anos vários critérios, pressionados pelo PNLD, melhoraram, como: espaço ocupado, linguagem, diversidade de exercícios e qualidade das imagens. Dentre os aspectos que merecem melhoras estão: a relação com o cotidiano, a relação entre texto e imagens, a apresentação dos experimentos, a inserção de escalas e de cores fantasias nas imagens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de ciências da natureza; Ensino de física; Óptica.

## ABSTRACT

*This study aimed to analyze the contribution of PNLD (Brazil's National Textbook Program) to Optics approach featuring a collection of Science textbooks of the last year of middle school over the past thirty years. Optics content was chosen because it concerns abstract issues generally valuing Geometry, but still close to everyday matters. The research evaluated space, language, the relationship between contents and everyday life, images, exercises, and the way experiments were proposed, as well as additional resources, such as glossary and complementary texts. Over the years, various criteria were improved pressured by PNLD, such as space, language, diversity of exercises and image quality. Moreover aspects that still need improvement include: the relation with daily life and between text and images, the presentation of experiments, and the inclusion of scales and fantasy colors in the images.*

**KEYWORDS:** Natural Sciences Teaching; Physics Teaching; Optics.

## INTRODUÇÃO

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) surgiu em 1985 com a função de avaliar, indicar, comprar e distribuir livros didáticos para as escolas públicas. É considerado um dos maiores programas mundiais, quando se trata de distribuição gratuita de material educativo (SOARES e SOUZA, 2011).

No bojo do PNLD estão objetivos como o de suprir as escolas públicas com livros gratuitos, de contribuir para a qualidade do ensino, assim como a socialização e universalização deste. Além disto, busca possibilitar e facilitar a escolha do livro didático que será utilizado na escola pelo professor e de melhorar aspectos físicos e pedagógicos deste recurso (SOUZA et al., 2011).

No contexto escolar o PNLD se caracteriza como importante balizador da qualidade do ensino. Este fato se justifica pelo fato de o livro didático ainda possuir forte influência no ensino, sendo muitas vezes, conforme Núñez et al. (2003), o único recurso didático acessível aos alunos, assim como o único livro que lerão em toda vida, e ser a principal fonte de pesquisa e execução da prática pedagógica do professor. Assim, é importante que não apresente, por exemplo, erros conceituais, riscos aos alunos, apologia ao preconceito, entre outros, conforme constatado por Bizzo (2000).

Entre os professores de ciências o livro didático apresenta grande importância, sendo que a utilização ocorre de três formas distintas, conforme constatou Fracalanza (2006). Há um grupo de docentes que faz o uso de coleções e livros variados como recurso para planejar e realizar as aulas. A segunda forma de utilização consiste em apoio ao processo de ensino e aprendizagem, por meio dos textos, exercícios, experimentos, gráficos e imagens. E o último grupo são professores que utilizam o recurso como fonte bibliográfica, de forma que complemente os próprios conhecimentos.

O panorama traçado pelos autores acima reforça e corrobora o fato de o livro didático de ciências ser o meio pelo qual a comunidade escolar tem acesso ao conhecimento científico, a partir da discussão por ele fomentada no ambiente escolar. Assim, Núñez et al. (2003) salientam que este recurso oportuniza que as ciências dialoguem com os outros tipos de saberes, oportunizando a problematização e a contextualização com a realidade.

O livro didático de ciências, quando de qualidade, permite que o aluno compreenda a realidade a partir das ciências da natureza. Além disto, permite a construção de valores e estimula a capacidade crítica e reflexiva, de forma que viabilize a alfabetização científica em busca do entendimento do aluno como cidadão. Considerando tais características, Xavier et al. (2006) defendem que o livro didático deve ser objeto de constante pesquisa, de forma que a qualidade seja garantida e aperfeiçoada.

A partir dos critérios utilizados pelo PNLD para a avaliação das obras que comporão o Guia do Livro Didático, é possível sugerir que ao longo dos anos este programa

apresenta resultados significativos na qualidade do recurso didático em questão. Os critérios utilizados passaram por algumas mudanças desde o início das avaliações, no entanto, atualmente consistem em seis características: proposta pedagógica; conteúdo; ciência, experimentação e pesquisa; manual do professor e; projeto editorial (BRASIL, 2013).

Deste modo, esta investigação objetivou analisar a contribuição do PNLD para a qualidade do livro didático ao longo das décadas, de forma que tenha contribuído com o ensino de ciências da natureza. Para tanto, procurou-se responder a seguinte questão de pesquisa: "Quais as mudanças ocorridas a partir do PNLD nos livros didáticos de ciências da(o) 8ª série/9º ano do ensino fundamental ao longo de três décadas?". A partir disto, foi possível constatar e sugerir mudanças nos livros atuais, quando necessário.

Nos livros foram avaliados se a linguagem utilizada facilita o entendimento do tema, a relação entre cotidiano e conteúdo, as imagens, as atividades propostas, a forma como são propostos os experimentos e verificado o espaço ocupado pelo tema analisado no livro, de maneira que esta investigação contribua com a qualidade do ensino de ciências da natureza.

## METODOLOGIA

Esta investigação, de natureza quali-quantitativa e de caráter descritivo-documental (GIL, 2008), foi realizada por meio de análise de livros didáticos de ciências da 8ª série/9º ano do ensino fundamental. Estes foram selecionados dentre os exemplares utilizados nas escolas da região sul de Santa Catarina entre os anos de 1986 e 2016.

Considerando os critérios acima, foram selecionados seis livros didáticos escritos pelos autores Carlos Barros e Wilson Paulino (BARROS, 1986, 1990; BARROS; PAULINO, 2002, 2006, 2008 e 2011) e editado pela Editora Ática (Tab. 1), sendo estes indicados pelo ano de edição ao longo do texto. Foram selecionados livros do mesmo autor ou do qual este fazia parte da concepção, pelo fato desses estarem presentes em todos os Guias Nacionais do Livro Didático, terem edições publicadas antes e depois do PNLD e ser uma obra com grande aceitação entre os professores (JACQUES et al., 2009).

**Tabela 1 – Listagem dos livros analisados na presente investigação.**

| <b>Autor</b>                   | <b>Título</b>              | <b>Editora</b> | <b>Ano edição</b> |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------|
| Calos Barros                   | Química e Física           | Ática          | 1986              |
| Carlos Barros                  | Química e Física           | Ática          | 1990              |
| Carlos Barros e Wilson Paulino | Ciências: Física e Química | Ática          | 2002              |
| Carlos Barros e Wilson Paulino | Ciências: Física e Química | Ática          | 2006              |
| Carlos Barros e Wilson Paulino | Ciências: Física e Química | Ática          | 2008              |
| Carlos Barros e Wilson Paulino | Ciências: Física e Química | Ática          | 2011              |

Devido ao fato de os conteúdos de física abordado nos livros didáticos de ciências da 8ª série ou 9º ano serem variados, foi escolhido para esta análise apenas o conteúdo

de **óptica**. Isto ocorreu por se tratar de um tema próximo ao aluno, porém abordado de forma abstrata, no caso do ensino médio. Neste nível de ensino é valorizada a óptica geométrica em detrimento de situações cotidianas, além de ser desvinculada dos aspectos ligados a natureza da luz (GIRCOREANO e PACCA, 2001).

O levantamento dos dados foi dividido em duas etapas, na qual a primeira verificou o espaço ocupado pelo tema nos livros didáticos e a segunda a forma de abordagem. Para esta segunda análise os critérios foram adaptados de Pimentel (1998), Vasconcelos e Souto (2003) e Rosa e Mohr (2010), sendo: linguagem, relação com o cotidiano, imagens, exercícios propostos, atividades experimentais e recursos adicionais (Tab. 2).

O espaço ocupado pela óptica nos livros ao longo dos anos foi verificado, no primeiro momento, analisando se o tema foi tratado em capítulos específicos (**abordagem direta**) ou se esteve inserido juntamente com outro tema (**abordagem indireta**), além do número de páginas destinadas ao assunto. Em seguida, foram medidos os espaços ocupados pelo tema conforme recomendações adaptadas de Bizzo (1991 apud ALMEIDA et al., 2008).

**Tabela 2 – Descrição dos critérios analisados em relação ao tema óptica nos livros didáticos de ciências.**

| <b>Crítérios</b>         | <b>Características analisadas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Linguagem                | Conteúdo é acessível à faixa etária destinada, possuem conceitos e informações contraditórias ou imprecisões conceituais; destacam as palavras desconhecidas ou remetem a uma melhor explicação (glossários); a linguagem possui clareza e objetividade e; o conteúdo está em um plano sequencial de ideias. |
| Relação com o cotidiano  | Aborda temas cotidianos relacionados com o assunto; há quadros de leituras ou dicas de assuntos relacionados ao dia-a-dia e; apresenta imagem que remete à prática cotidiana.                                                                                                                                |
| Imagens                  | Tipo de imagem utilizada (esquema ou fotografia); qualidade da imagem; presença de escala; a relação entre o texto e a imagem e; presença de legendas*.                                                                                                                                                      |
| Exercícios propostos     | Verificou-se se os exercícios remetem ao fenômeno ou prática cotidiana sobre óptica; as formas que estas atividades são propostas: proporciona ao aluno a reflexão ou remete apenas a memorização; há propostas de atividades de pesquisa e; a forma de serem realizadas: individualmente ou em grupos.      |
| Atividades experimentais | Os resultados dos experimentos são irreais, ou seja, se apresentam resultados extremamente diferentes do que o aluno encontrará e; se as questões sugeridas em relação aos experimentos permitem à reflexão e interpretação ou são memorísticas.                                                             |
| Recursos adicionais***   | Presença de textos complementares, de glossário e de indicações de recursos adicionais**.                                                                                                                                                                                                                    |

\* Foi verificado se as legendas eram coerentes com a figura e o tipo: explicativa, apresenta explicações sobre a imagem ou; sintética, apenas a indica o que está sendo observado (JOTTA e CARNEIRO, 2009).

\*\* Análise dispostas em conjunto com os outros critérios de avaliação.

\*\*\* Os textos complementares aparecem no item **espaço ocupado**, e o glossário e a indicação de recursos adicionais estão no item **Linguagem**.

As medidas da área de mancha ocupada pela óptica foram realizadas com o auxílio de régua de 30 cm, desprezando os milímetros, sendo expressa em cm<sup>2</sup>, a partir da multiplicação da altura pela largura. Foi verificada a área de mancha de texto, a área de mancha de imagens, a área de mancha de textos complementares e a área de manchas de experimentos. Cabe salientar que foram desconsideradas as imagens de experimentos e as legendas menores que duas linhas.

A análise das formas de abordagens a partir dos critérios da Tabela 2 foi realizada a partir de leituras minuciosas, seguindo as recomendações de Macedo e Silva (2010). Assim, foram seguidos os momentos de reconhecimento do material (reconhecimento do material e identificação/seleção dos dados de interesse), de leitura exploratória (checar as informações e dados relevantes) e de leitura seletiva (avaliação propriamente dita do material).

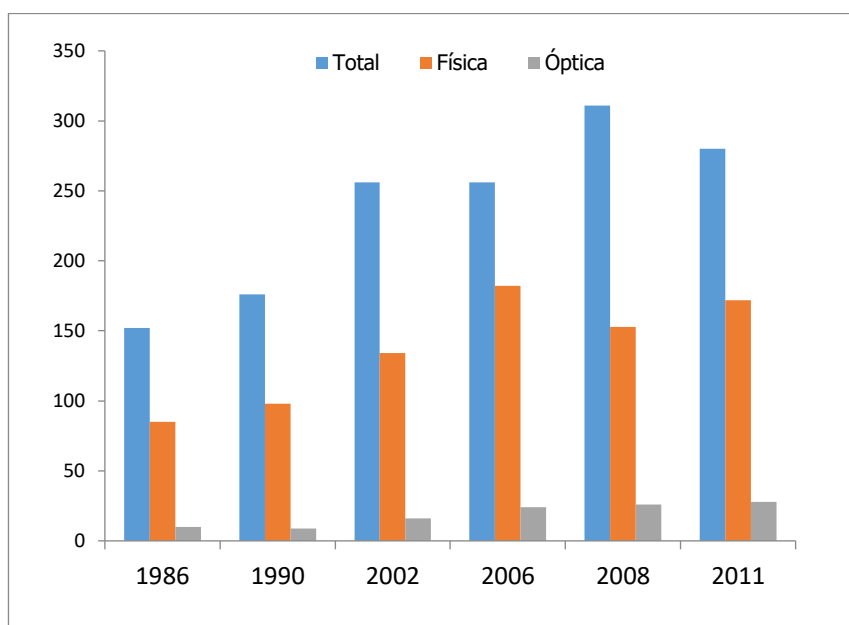
A leitura da etapa seletiva foi realizada quantas vezes necessárias para o levantamento de dados, que foram anotados em uma ficha/roteiro fundamentada nos objetivos desta investigação. Em seguida, estes foram analisados considerando a influência do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) na apresentação da temática em questão dos livros ao decorrer dos anos, ou seja, a forma que o programa contribuiu para a melhora dos livros didáticos de ciências e nas mudanças passíveis de serem realizadas. Para tanto, foram utilizadas como parâmetros os Guias do Livro Didático de ciências dos anos finais do ensino fundamental de 2005, 2008, 2011 e 2014 (BRASIL, 2004, 2007, 2010 e 2013), por serem aqueles em que se teve acesso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Espaço ocupado

Os livros abordam os conceitos das ciências da natureza em unidades diferentes dividida entre química e física. O tema a Óptica foi apresentado em capítulos específicos, ou seja, de forma direta na unidade destinada à física. No entanto, na obra de 1986 foi utilizado apenas um capítulo, sendo dois nos demais, no qual o primeiro abordou os conceitos básicos de Óptica e o segundo, instrumentos ópticos.

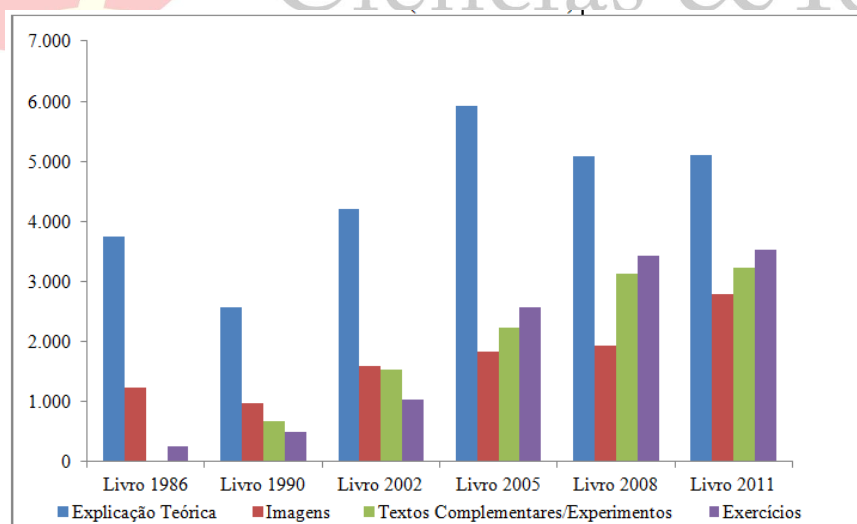
O número de páginas que compõe os exemplares aumentou ao longo dos anos e como consequência, acrescentou a quantidade destinada para a unidade de física e para o tema analisado (Fig. 1).



**Figura 1 – Número de páginas para cada livro, para cada unidade de física e para a óptica.**

Devido ao pequeno número de página, os dois exemplares mais antigos apresentaram o menor número destinado à óptica, refletindo em uma abordagem generalista. Nos anos seguintes o número foi aumentando gradativamente, possibilitando provavelmente, a divisão do conteúdo em dois capítulos, a utilização de mais imagens, de textos complementares e de exercícios contextualizados.

A diversidade de formas de abordagem do conteúdo também contribuiu com o aumento da área de mancha para todos os critérios analisados (Fig.2).



**Figura 2 – Áreas de manchas de explicação teórica, de imagens, de textos complementares/experimentos e exercícios (valores em cm<sup>2</sup>).**

A partir de 2002 foi evidenciado que além do aumento do conteúdo textual, houve também o aumento no número de imagens, de textos complementares e de exercícios.

Estes últimos deixaram de ser meros questionamentos e se tornaram contextualizados, muitas vezes, com figuras e gráficos que carecem de interpretação.

A explicação teórica apresentou área de mancha menor nos livros de 1986 e 1990, aumentando a partir de 2002, acompanhando o aumento do número de páginas. A partir disso, foi possível verificar definições mais precisas dos conceitos, maior conexão do assunto com o cotidiano e contextualizado. Estes elementos ficaram mais evidentes a partir de 2006 e demonstram a diversificação na forma de abordagem do tema, de forma a facilitar a compreensão dos significados.

A maior área de mancha da explicação teórica em 2005 é justificada pela abordagem de determinados temas de forma mais aprofundada, situação ausente nas demais edições. Por exemplo, foram abordadas as fases da Lua, assim como maior explicação e exemplificação dos conceitos de corpos luminosos e iluminados, assim como o conteúdo de formação de imagem em dois espelhos planos e sobre o funcionamento óptico do olho humano.

Com relação às imagens, também houve o aumento gradual da utilização, de forma que permitiu compreender as informações de forma mais clara, assim como oportunizar a interação entre os leitores e o texto de forma mais contundente. No entanto, houve maior aumento desta área de mancha na última edição.

A área de mancha dos textos complementares/experimentos aumentou desde a primeira edição. Em 1986, por exemplo, não há a utilização destes recursos, sendo que em 1990, há aumento desta mancha, formada apenas por um texto complementar, que discorreu sobre o raio *laser*.

A partir de 2002 há o aumento da sugestão de textos complementares, sendo os temas iguais e havendo a abordagem de história da ciência (Tab. 4), assim como o aumento de atividades experimentais.

**Tabela 4 – Quantidades e temas de textos complementares presentes nas obras analisadas.**

| Livro | Quantidade | Temas abordados                                                                                                                                                           |
|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1990  | Um         | Raio laser                                                                                                                                                                |
| 2002  | Quatro     | Raio laser; Tecido preto e calor; Defeitos da visão e; Telescópios                                                                                                        |
| 2006  | Quatro     | Raio laser; Anos-luz; Telescópios; Periscópio e a máquina fotográfica                                                                                                     |
| 2008  | Seis       | Raio laser; Anos-luz; Ano internacional da física; Telescópios; Fibras ópticas; Periscópio e a máquina fotográfica                                                        |
| 2011  | Sete       | Raio laser; Anos-luz; A luneta de Galileu; Telescópios; Fibras ópticas e telefone; O periscópio; Nomes escritos ao contrário em ambulâncias e carro do corpo de bombeiros |

A presença de textos complementares permite a abordagem de curiosidades ou atualidades (VASCONCELOS e SOUTO, 2003; ALMEIDA et al., 2008) de forma que facilita a contextualização com o cotidiano. Com isto, é possível enfocar conteúdos que não fazem parte dos programas oficiais (VASCONCELOS e SOUTO, 2003) e contribuir com o desenvolvimento crítico e a autonomia dos alunos.

Provavelmente, para valorizar a proposta pedagógica do material, sendo este critério um dos avaliados pelo PNLD, nas últimas décadas houve o aumento da presença dos

textos complementares, contemplando as tendências pedagógicas atuais, conforme já haviam verificado Almeida et al. (2008). No entanto, é sempre importante considerar “como estes textos são apresentados, quais conteúdos trazem e como se articulam com o texto principal, uma vez que podem ser considerados secundários” (MAGALHÃES e MOHR, 2014, p. 834) podendo ser deixado de lado pelo docente, caso este não compreenda a importância deste recurso para as aulas de ciências.

Assim como as demais áreas de manchas a relacionada aos exercícios aumentou no decorrer dos anos, sendo impulsionado pelo local de inserção e da forma da questão. A partir de 2005 os exercícios foram inseridos ao longo do texto, além do final. Além disto, nos dois primeiros livros os exercícios foram apenas memorísticos, com perguntas baseadas em **o que é, defina, como**, sem haver a contextualização que faça o aluno refletir, como apresentado no item “exercícios propostos”.

## Linguagem

A linguagem utilizada nem sempre foi adequada para a faixa etária da turma a qual se destina, pois em algumas vezes foram utilizados conceitos e expressões que dificultaram o entendimento do tema.

Em 1989 o livro utilizou vocábulos mais simples e corriqueiros para explicar o conteúdo. Por outro lado, em 2011 há a implementação de vocábulos mais complexos, assim como termos científicos que podem complicar o entendimento pelo aluno, cabendo maior cuidado do docente na ocasião da abordagem do tema. Como exemplo desta última situação, na ocasião em que os autores explicam refração afirmam que *“só existe desvio quando um raio de luz incide obliquamente numa superfície que separa dois meios transparentes. Se incidir perpendicularmente, o raio sofrerá refração (pois haverá variação em sua velocidade), mas não terá desvio”* (BARROS e PAULINO, 2011, p. 171). Para compreensão do sentido da frase há a necessidade do entendimento de termos pouco familiares, como perpendicular e oblíquo, sendo que o docente tem que estar atento para esta situação.

Ainda em 2011, os textos remetem a palavras que não são comumente utilizadas pelos discentes, como, por exemplo, **emana, simétrica e espaço sideral**. Apesar disto, é importante ponderar que a presença de vocábulos novos pode ser algo importante, pois introduz novas palavras, aumenta o vocabulário dos estudantes, tendo o professor um papel preponderante na compreensão.

Dentre os seis livros analisados, apenas em 1986 foi apresentado glossário no final do capítulo. Para tanto, destacou-se no texto por meio de asterisco, a palavra que se encontra no glossário, remetendo a explicação. O glossário para Vasconcelos e Souto (2003, p. 100) *“[...] complementa as necessidades do aluno, oferecendo novas oportunidades de exercitar o conhecimento em construção e proporcionando melhor compreensão das informações trabalhadas ao longo da obra [...]”*. No entanto, nas obras seguintes este recurso está no final do livro, sem a indicação ao longo dos textos dos termos presentes neste, com poucas palavras e que não contemplam óptica.

Em 1986 e 1990, por vezes não fica claramente explícito o que estaria sendo explicado, sendo que consequentemente houve o comprometimento da relação entre clareza e objetividade. Como exemplo disto, pode-se citar a dificuldade de compreender a diferença entre fonte de luz natural e artificial, uma vez que o autor citou apenas exemplos destes dois tipos de fontes de luz, sem conceituar os termos. Já em 1990, por exemplo, não ficou claro o conceito de corpos transparentes, translúcidos e opacos, pois só foi mencionado exemplos, sem explicar o conceito e sem diferenciar os tipos de corpos. Diante das duas situações exemplificadas, foi possível perceber algumas imprecisões em explanar certos conceitos de óptica.

Nas obras seguintes o texto foi apresentado de forma mais clara e explicado com mais detalhes, explicitando a definição de diversos termos. Como exemplo, pode-se mencionar a explicação de que o olho humano é sensibilizado apenas pela faixa da luz visível, e que existem outras faixas que compõe o espectro eletromagnético, sendo que nas obras anteriores isso não ocorreu. No entanto, há o predomínio de muitos termos técnicos e científicos que podem dificultar o entendimento do conceito.

Quanto à presença de imprecisões conceituais ou informações contraditórias, foi constatada a presença destas nos livros de 1989 e 1990. Dentre as quais estão frases com duplo sentido, como na ocasião da apresentação do conceito de refração, na qual foi constatado que o sentido das palavras não remetia ao verdadeiro significado desse termo.

Na definição de refração em 1989 o autor afirmou que "*o desvio sofrido pelo raio de luz depende da frequência da radiação*" (BARROS, pág. 126), havendo uma simplificação do conceito. Esta frase pode levar o aluno a entender erroneamente a definição do termo, pois na verdade, sabe-se que para ocorrer esse fenômeno são necessárias algumas condições específicas.

Hewitt (2009) salienta que para a refração ocorrer é necessário que a luz passe de um meio material para outro meio mudando a velocidade. Quando a incidência da luz não for perpendicular à superfície, ocorre também mudança na direção de propagação. Assim, o desvio sofrido pela luz em relação à reta normal, depende da alteração da velocidade, que por sua vez depende das características dos meios envolvidos, e não somente a frequência.

Quanto à frequência da onda eletromagnética, independente das características da onda incidente a frequência não é alterada na refração, mas a velocidade e o comprimento de onda que podem se modificar. A frequência está associada à velocidade da luz em meios dispersivos, nos quais cada frequência de luz viaja a uma velocidade diferente das demais e quanto maior a frequência, menor a velocidade com que a luz se propagará. Assim, em meios dispersivos, a velocidade da luz vermelha é maior que a velocidade da luz violeta, por exemplo.

A maneira como foi abordado o fenômeno de refração poderia levar o aluno a conclusões que não se enquadram nas teorias referentes a este fenômeno óptico. A partir do livro de 2002 já é possível verificar que ocorreu maior cuidado em definir e explicar conceitos envolvidos na área de óptica. No caso de refração, por exemplo, o

qual foi discutido e conceituado de forma simples, porém detalhada, diminuindo a possibilidade de interpretação errônea.

No livro de 2011, por exemplo, foi mencionado que a refração está relacionada à mudança de velocidade da luz na passagem de um meio para outro. Além disto, também é afirmado que o desvio somente ocorre se o raio de luz incidir obliquamente na superfície que separa os dois meios, e se por acaso for incidido perpendicularmente, a refração ocorrerá do mesmo modo, já que a velocidade é alterada, porém não haverá desvio.

Com isto, foi constatado que nas quatro últimas obras, no tocante a óptica, teve-se o cuidado em não confundir o aluno com frases ambíguas ou até mesmo de definir erroneamente os conceitos, auxiliando no entendimento do tema.

Com relação ao plano sequencial de ideias, este pode ser dividido em duas fases: anterior ao PNLD e posterior. Na primeira etapa, na qual estão inclusas as obras de 1986 e 1990, a sequência de conteúdos não contribuem de forma satisfatória com a aprendizagem do aluno.

Nos dois exemplares mais antigos, o tema foi iniciado pelas características da luz, quanto aos tipos de fontes e com a classificação dos corpos como luminosos e iluminados. Na continuação do assunto foi abordada a categorização de corpos transparentes, translúcidos e opacos, ressaltando como a luz reage nesses meios.

Logo em seguida, ocorreu a discussão sobre a forma como a luz se propaga e sobre a velocidade desta, além dos conceitos de refração e reflexão. E então, o estudo sobre os instrumentos ópticos, como espelhos e lentes, é iniciado com as classificações em espelhos planos e esféricos, e em lentes convergentes e divergentes.

Foi percebido que na fase anterior ao PNLD, as obras parecem não possuírem uma escala gradual de conceitos, pois o autor começa a se referir aos tipos de fontes de luz e de corpos, e só depois, aborda a propagação de luz. Ao invés disto, a obra poderia tratar inicialmente que a luz é a única coisa que realmente se vê e que esta é uma onda eletromagnética. Em seguida, inserir o conceito de luz visível, forma de propagação da luz e após mencionar os materiais em que a luz consegue ou não atravessar, salientando que o ser humano consegue visualizar apenas a luz visível, que representa as faixas existentes no espectro eletromagnético.

Os conceitos de fontes de luz, reflexão, absorção e refração poderiam ser inseridos de modo a subsidiar uma base teórica para o entendimento do assunto. Abordando também temas cotidianos, como: arco-íris, fases da Lua e instrumentos ópticos, como os espelhos, as lentes, o prisma e o olho humano.

Já na fase posterior ao PNLD os livros apresentaram sequência didática de forma a privilegiar ideias que propicia melhor entendimento do tema. Para isto, os autores cuidaram em inserir conceitos apenas quando os fundamentos teóricos de base já haviam sido apresentados. Como exemplo disto, pode-se citar o ocorrido em 2006, no qual o conceito de fontes de luz artificial e natural foi inserido somente após a explicação sobre a propagação e a velocidade da luz, facilitando o entendimento.

## Relação com o cotidiano

Nos livros didáticos, as relações estabelecidas entre o conteúdo de óptica e o cotidiano aumentaram ao longo das décadas, sendo estas realizadas no texto ou a partir de imagens. No entanto, em 1989 e 1990 esta relação ocorreu de forma tímida ou quase inexistente.

As relações entre óptica e o cotidiano foram diversas, sendo que na maioria das vezes se enfatizou a dependência do ser humano em relação à luz e aos instrumentos ópticos, a partir da utilização na medicina, para iluminar ambientes. Para relatar o percurso da luz foram utilizados exemplos como vidros de janelas e portas, foi demonstrado o fenômeno de refração a partir de um copo de água com a colher dentro, o uso da lupa e das lentes para o aumento de imagens, entre outros. Além disto, foram utilizados exemplos relacionados aos fenômenos naturais, como a luz do Sol, a iluminação da Lua, a formação do arco-íris, a limitação visual do espectro eletromagnético aos olhos humanos e das abelhas, entre outros.

Os textos complementares foram outra forma de abordar temas cotidianos, a partir da apresentação de conteúdos que contemplaram temas extracurriculares relacionados com o conteúdo formal dos capítulos analisados. Os temas sugeridos nestes textos foram os mais variados, como, o *laser*, o telescópio, a máquina fotográfica e o aquecimento ocasionado pelo uso de tecido preto, a presença de nomes invertidos em ambulâncias, conforme exposto na Tabela 4. Todos estes assuntos são meios de facilitar a aprendizagem, pois é possível relacionar o conteúdo o dia-a-dia.

A partir do livro de 2006, as atividades do cotidiano foram utilizadas para contextualizar os temas por meio de boxe denominado de **Trabalhe esta ideia e Discuta estas ideias** inseridos no início ou ao longo do texto. As dicas de discussões para serem realizadas em grupo também levam aos assuntos relacionados ao cotidiano.

Como exemplo destas relações, pode-se citar a sugestão de um boxe “Discuta estas ideias” em 2008 e 2011, que apresentava a discussão da existência de semelhança entre a luz emitida por uma fogueira, por uma lanterna e pelo Sol. Para isso, as obras fizeram um contexto em que se propôs o fato de existir em um acampamento várias pessoas conversando ao redor de uma fogueira, e que de repente uma delas usa a lanterna para ir até sua barraca.

As imagens que remeteram ao cotidiano apareceram em todos os livros, variando na quantidade, sendo mais comum a partir de 2006. Como exemplo disto, pode-se citar a explicação do fenômeno da refração, o qual todos os exemplares empregaram a imagem de um objeto dentro de um copo de água, na qual um deles demonstrou uma colher, e os demais colocaram um termômetro.

Nos três últimos livros (2006, 2008 e 2011) foram apresentadas também como exemplo ligado ao cotidiano as imagens produzidas por raios-X. Nestas obras foi relatado que os olhos humanos são sensibilizados apenas por uma faixa do espectro eletromagnético, sendo que o raio-X não faz parte desta área, o que não impede a utilização na medicina para verificar a fratura do osso, por exemplo.

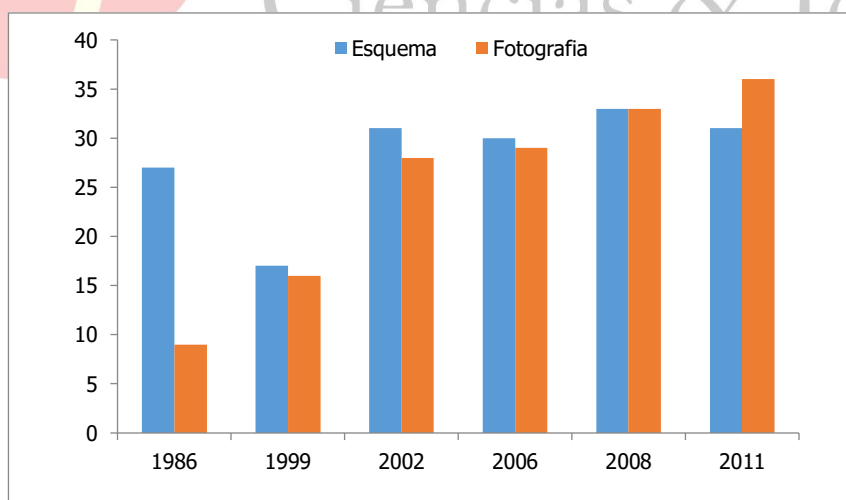
Considerando que, na maioria das vezes o livro didático é a única referência utilizada pelo professor e pelo aluno, sendo assim legitimador do currículo escolar, este recurso interfere no fazer pedagógico, seja na seleção e desenvolvimento dos conteúdos, como nas metodologias utilizadas. Por isto, o professor tem que ter a ciência da importância de este trazer o cotidiano do aluno para o ambiente escolar. Assim, de acordo com Vasconcelos e Souto (2003), será possível associar o conteúdo do livro didático com os contextos locais, possibilitando a compreensão da realidade que cerca o aluno.

A adoção de práticas que priorizem a contextualização e a valorização do conhecimento prévio, assim como a relação do conteúdo com o cotidiano, por meio de exemplos, devem fazer parte do livro didático. A partir disto, há a possibilidade de o docente abandonar a postura tradicional que por vezes é adotada nas aulas de ciências, na qual é priorizado o ensino memorístico, baseado em estratégias que não levam à reflexão (FEITOSA e LEITE, 2012).

## Imagens

As imagens utilizadas por todas as obras foram do tipo esquema e fotografia. Os esquemas apareceram frequentemente para representar as leis da reflexão e a formação de imagens a partir de espelhos planos, esféricos e lentes. Nas obras de 2006, 2008 e 2011, também foram utilizados para demonstrar a formação de imagens nos casos de defeito de visão.

O livro de 1986 pouco faz utilização de fotografias, quando apareceram foi em tom de cinza e sem qualidade editorial. A partir das obras posteriores, sob avaliação do PNLD, as fotografias foram mais comuns e primaram por maior qualidade (Fig. 3).



**Figura 3 – Tipos de imagens utilizadas nos livros didáticos ao longo dos anos (esquema à esquerda e fotografia à direita).**

A imagem fotográfica foi empregada nos textos com a tentativa de representar o mais próximo da realidade o conteúdo abordado, possibilitando maior entendimento pelo aluno. Souza (2011) corrobora com esta constatação salientando que a foto representa uma imagem icônica, que se caracteriza como fixa e unidirecional. O grau

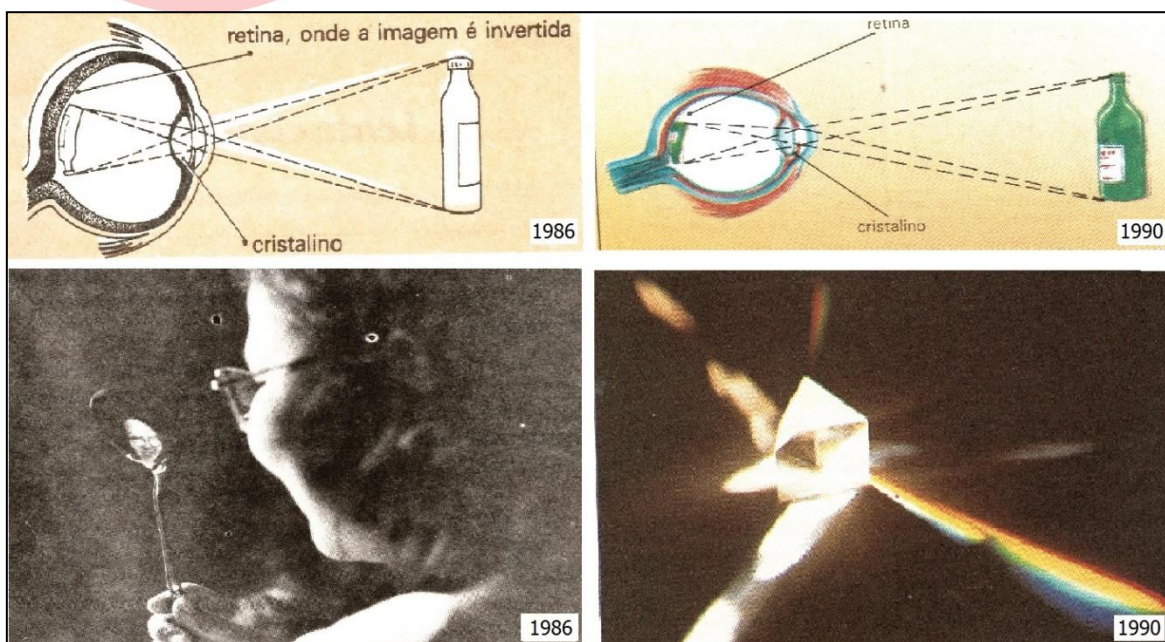
de iconicidade destas permite uma estreita semelhança com o cotidiano, o que atribui para este recurso o papel social de demonstrar a realidade, produzindo diferentes significados.

Ao longo dos anos houve o aumento no número de imagens utilizadas para apresentar o conteúdo nos livros didáticos. Isto confirma uma tendência atual, na qual a os livros didáticos de ciências são produzidos cada vez mais ilustrados, conforme comprovaram vários autores (e.g. GOUVÊA e IZQUIERDO, 2006; SILVA e COMPIANI, 2006; SOUZA e GOUVÊA, 2009).

Em 1986 e 1990 as imagens utilizadas foram basicamente às mesmas, porém com evolução na qualidade. Fato este ocorrido entre os anos de 2006, 2008 e 2011, nos quais foi verificada inclusive a presença da mesma imagem nas três obras. Uma diferença encontrada a partir de 2002 foi à utilização de imagens nos exercícios, exigindo a interpretação destas para a resolução. E ainda, neste mesmo ano as imagens passaram a ser utilizadas para ilustrar os textos complementares.

Em relação à qualidade das imagens, foi percebido que melhorou a cada edição, sendo que entre o primeiro e o último livro houve grande diferença. Assim, todas as imagens do primeiro livro foram apresentadas nas mesmas cores, tornando a apresentação monótona, sendo que a partir de 1990 houve a utilização de várias cores (Fig. 4). Além disto, as imagens utilizadas em 1986 e 1990 não são nítidas, fato superado nos anos seguintes (Fig. 5).

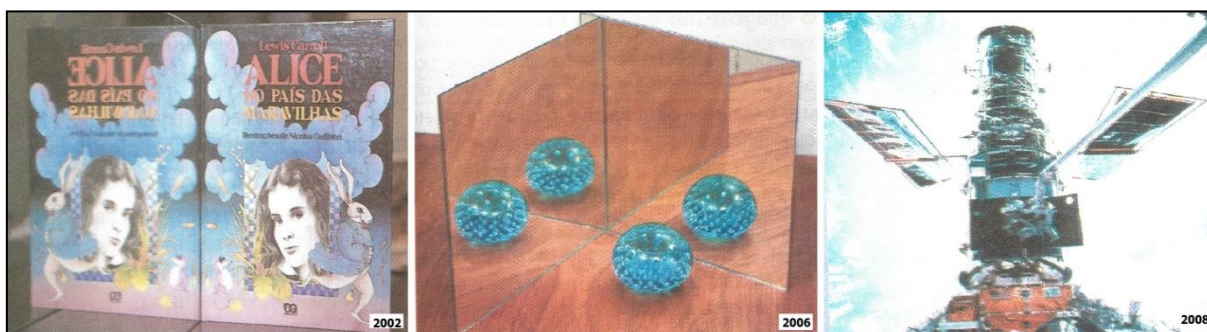
A melhora da qualidade das imagens em livros didáticos é atribuída por Gouvêa e Izquierdo (2006) a melhora no desenvolvimento das técnicas empregadas na a produção, reprodução, transmissão, distribuição e recepção de livros didáticos. A partir desta evolução, as imagens foram apresentadas com maior qualidade, permitindo a concepção de um livro mais atraente visualmente.



**Figura 4 – Imagens presentes nos livros de 1986 (à esquerda) e 1990 (à direita).**

Ao longo dos anos houve o aumento na utilização de imagens nos livros didáticos de ciências, tornando-se bastante comum e se tornando cada vez mais instrumentos importantes que contribuem para a alfabetização visual. A partir destas considerações é possível atribuir que estes fatos contribuíram para o aumento do espaço e do número de imagens constatado nas obras ao longo dos anos, possivelmente influenciado pelo PNLD.

Apesar da melhora na qualidade das imagens ao longo dos anos, a ausência de escala foi constatada em todas as obras. A inexistência deste recurso pode levar a interpretações errôneas em relação ao dimensionamento do que está sendo representado, já que não possibilita a noção do tamanho real, causando distorções e equívocos.



**Figura 5 – Imagens presentes nos livros de 2002, 2006 e 2008.**

Sobre a utilização e importância de escalas Martins et al. (2003) e Souza (2011) argumentam que estas são elementos de extrema importância nas imagens utilizadas nos livros didáticos, uma vez que facilitam o entendimento e a leitura do conhecimento estabelecido a partir do representado iconograficamente.

A relação do texto com a imagem ocorreu de forma satisfatória, pois houve a indicação da imagem com as informações expressas em forma de palavras. No entanto, este cuidado foi maior nos três primeiros livros, pois sempre que alguma imagem foi utilizada, esta estava interligada com a ideia apresentada ao longo do texto. Mas, nos últimos três livros, observou-se o descuido em algumas ocasiões, ao fazer a relação entre o que se escreveu e a imagem.

Como exemplo disto, em 2011 ao discutir os espelhos esféricos foi mencionada uma colher como exemplo, mas a fotografia que utilizou para a inserção da nova ideia foi a de uma panela. Esta contradição pode não ter sentido ao aluno, mesmo que as duas formas, escrita e imagem, estejam relacionadas ao conteúdo em que está se referindo, e assim comprometer a aprendizagem.

Provavelmente, fato como o acima destacado pode ter ocorrido devido aos autores não utilizarem uma chamada formal no texto, como um número ou letra, por exemplo. Para a chamada da imagem no texto é referenciado para observar a imagem ao lado ou abaixo.

A relação do texto com a imagem de forma formal permite que a informação contida na forma escrita, seja articulada com o presente na imagem. Por isto, a forma como

são utilizadas figuras permite a observação direta, ou seja, o estímulo a perceber a relação da ideia textual com a imagem, sem perder o foco.

Outro fator que demonstra a importância da interação entre texto e imagem é fato de que as imagens são capazes de produzir estruturas narrativas. Estas resultam na localização do leitor em determinadas posições, nas quais as imagens devem ser vistas (SOUZA, 2011). Assim, a forma que a imagem se relaciona com texto influencia no sentido dado a informação, sendo que esta pode ser interpretada de forma correta ou ao contrário do esperado.

As legendas foram elementos presentes em todos os livros, porém em 1986 e 1990 nem todas as imagens apresentaram o recurso, sendo que a partir de 2002 houve aumento no emprego e na qualidade das legendas, coincidindo com as obras avaliadas pelo PNLD. Mas, ainda nos quatro últimos livros foi possível verificar imagens sem indicação ou explicação do que estaria sendo representado, ou seja, desprovida de legenda.

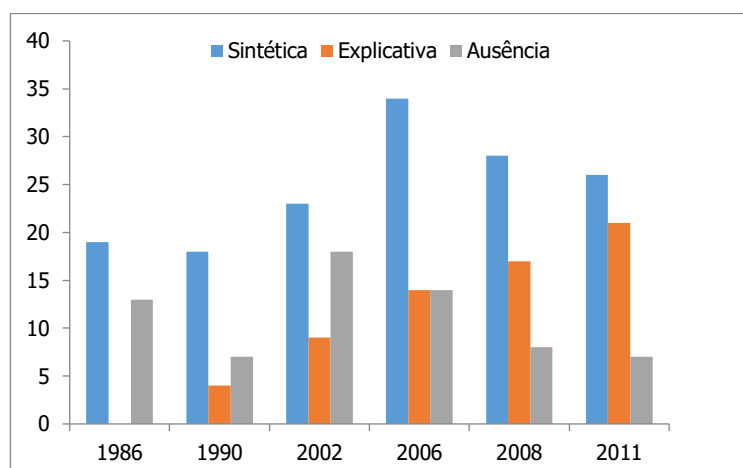
A inexistência de legendas diminuiu ao longo dos anos, porém ainda há a persistência da situação nas obras atuais. A ausência deste recurso nas imagens pode comprometer a compreensão do conteúdo, pois conforme destacam Souza e Gouvêa (2009) a partir das legendas é possível identificar e nomear elementos das imagens, relacionando tais elementos ou contextualizando a estrutura iconográfica.

Apesar de muitas vezes não serem destacadas por professores durante as aulas, as legendas atuam como conotadores, que podem reforçar ou atribuir outros sentidos para a imagem (SOUZA, 2011). Estas podem facilitar o entendimento da informação representada pela imagem, sendo os significados atribuídos pela interação do leitor com as legendas, atuando como potenciais facilitadores do entendimento.

Outro fato que confere importância para as legendas foi evidenciado por Martins et al. (2005), no qual evidenciaram que os alunos do ensino fundamental costumam atribuir para as legendas a facilidade de compreender a imagem, a partir da relação entre o ilustrado e o cotidiano.

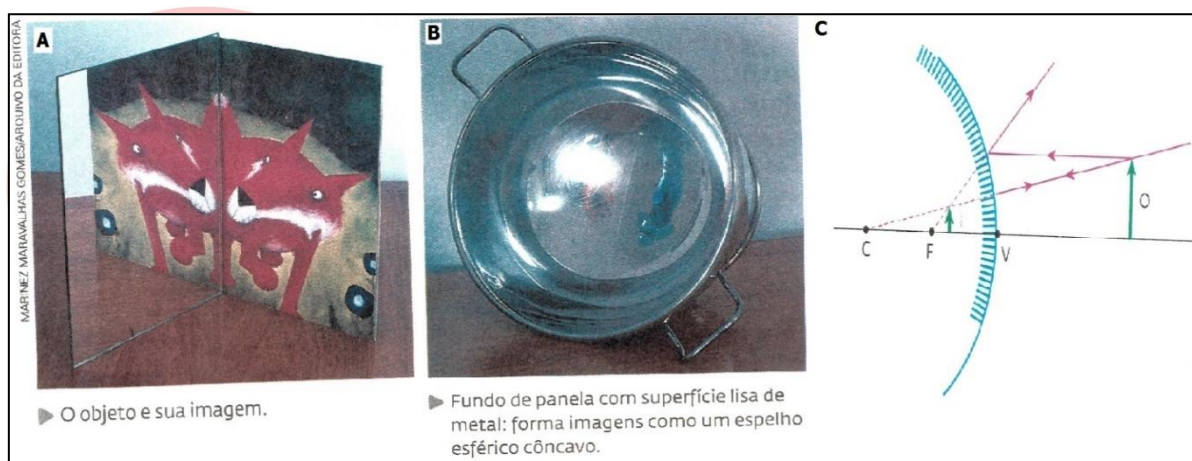
Considerando a importância das legendas, deve-se destacar que para que o aluno consiga construir conhecimento próximo do esperado estas se fazem necessárias, assim como a existência de coerência com a figura. Assim, é possível remeter ao verdadeiro significado, diminuindo a possibilidade de distorção das ideias referentes ao assunto.

Quanto ao tipo de legenda, em 1989 há a ausência de legendas explicativas, sendo que estas apareceram somente a partir de 1990, aumentando nas obras seguintes. Este tipo de legenda além de descrever o que é representado na imagem, faz também breve detalhamento do que se quer apresentar. Porém, a maioria das legendas continua sendo de cunho sintético, sem maiores explicações, e ainda há imagens sem legendas, apesar da diminuição nas duas últimas edições (Fig. 6 e 7).



**Figura 6 – Tipos de legendas por livros didáticos analisados ao longo dos anos.**

A presença de legendas explicativas contribui para melhor entendimento por parte do aluno, de forma que evidencia as informações contidas nas imagens (JOTTA e CARNEIRO, 2009), sendo importante a presença nos livros didáticos.



**Figura 7 – Imagens do livro de 2011 com legenda sintética (A), explicativa (B) e sem legenda (C).**

### Exercícios propostos

Os exercícios propostos nos livros didáticos modificaram no número, na forma de abordagem, na forma de trabalho, na relação com o cotidiano e no estímulo de trabalhos de pesquisa ao longo dos anos (Tab. 5).

Em linhas gerais, é possível fazer algumas considerações após a análise dos livros: i) em 1990 o número de exercícios foi bastante baixo, primando apenas pela individualidade e memorização; II) em 2002 houve considerável aumento no número de exercícios, sem primar pela qualidade e baseados em **o que**, **como** e **defina**; III) ainda em 2002, há a inserção de problemas simples de física; IV) nos três primeiros anos os exercícios apareceram apenas no final do capítulo, sendo que nas obras

seguintes aparecem também inseridos no início e ao longo do capítulo, como forma de contextualização; V) nas últimas três edições foram inseridos exercícios em grupo, ligados ao cotidiano e de pesquisa, além de ter o aumento de exercícios reflexivos e críticos, assim como maior proporção destes em relação aos memorísticos e; VI) ao longo dos anos houve a melhora na qualidade das atividades e proporcionalmente o aumento no número de exercícios.

**Tabela 5 – Tipo de exercícios presentes nos livros didáticos analisados ao longo dos anos.**

| Ano         | Forma de trabalho     |       | Forma de abordagem  |           | Cotid. <sup>c</sup> | Pesqu. <sup>d</sup> | Total |
|-------------|-----------------------|-------|---------------------|-----------|---------------------|---------------------|-------|
|             | Individ. <sup>a</sup> | Grupo | Memor. <sup>b</sup> | Reflexiva |                     |                     |       |
| <b>1986</b> | 8                     | ----- | 8                   | -----     | -----               | -----               | 8     |
| <b>1990</b> | 34                    | ----- | 28                  | 6         | 3                   | -----               | 34    |
| <b>2002</b> | 55                    | ----- | 54                  | 1         | -----               | -----               | 55    |
| <b>2006</b> | 46                    | 2     | 28                  | 20        | 20                  | 2                   | 48    |
| <b>2008</b> | 23                    | 4     | 14                  | 13        | 10                  | 2                   | 27    |
| <b>2011</b> | 24                    | 4     | 13                  | 15        | 10                  | 2                   | 28    |

<sup>a</sup>Individ.: individual. <sup>b</sup>Memor.: memorístico; <sup>c</sup>Cotid.: cotidiano; <sup>d</sup>Pesqu.: pesquisa.

Nos anos de 1986 e 1990 havia uma prática comum de produção de cadernos de exercícios que acompanhavam o livro texto. Neste último, apareciam apenas questões de responder, sem permitir a ressignificação dos conceitos. Já no caderno de exercícios existiam questões de associar, cruzadinhas, caça palavras e alguns experimentos, mas todos com o fim de memorização. A inexistência de exercícios que priorizassem a interpretação, leitura de gráficos e de imagens, é reflexo do ensino memorístico valorizado nas décadas anteriores (1960 e 1970), perdurando ainda na produção do material didático nas décadas seguintes.

O predomínio de exercícios de memorização pode ser danoso para o ensino de ciências, uma vez que não estimula a curiosidade e o interesse, assim como, não contribui significativamente para a construção do conhecimento e do cidadão crítico e reflexivo (VASCONCELOS e SOUTO, 2003). A busca de metodologias que superem a memorização de conceitos, que primem pela problematização e que desenvolvam o raciocínio e capacidade de observação, caracteriza-se como um dos desafios atuais para o ensino de ciências da natureza. Considerando a penetrabilidade do livro didático no ambiente escolar é importante que este recurso auxilie nesta superação.

Os exercícios reflexivos trataram de temas variados, como os corpos luminosos e iluminados, a maneira que a luz atravessa os diferentes meios (transparentes, translúcidos e opacos), a dependência da luz para se conseguir enxergar e também da ocorrência do fenômeno do arco-íris. Todos permitiram que a partir dos conceitos e da aplicação em situações concretas, os alunos respondessem as questões, fazendo com que houvesse reflexão sobre o que havia sido abordado.

Com a resolução de exercícios reflexivos os alunos podem ser levados a analisarem a situação proposta, refletirem com bases nas teorias abordadas e reformular as respostas, permitindo a reelaboração do conhecimento.

Nos exercícios ligados ao cotidiano foi verificado que a partir dos conceitos abordados no texto há a possibilidade de estabelecer relações. A forma como estes exercícios foram propostas foi variada nos seis livros, sendo presentes a partir de 2006.

Apesar de a maioria das obras apresentarem atividades que incentivaram a participação em grupo, poucos foram os exercícios com esta finalidade, sendo todos do tipo pesquisa para serem realizadas extraclasse. Este tipo de atividade é importante, uma vez que permite a socialização entre os alunos, assim como o respeito pela opinião do outro (SPIASSI e SILVA, 2008). A ausência de atividades em grupo nos livros didáticos representa uma perda significativa para os alunos, pois não permite a realização de atividades colaborativas. Com isto, cabe ao docente a iniciativa de propor estas atividades principalmente em sala de aula.

Os exercícios de pesquisa foram propostos em grupos e consistiram no levantamento de informações sobre a relação entre as marés e as fases da Lua e coleta de dados sobre as ondas eletromagnéticas e as fibras ópticas, assim como destacado acima foram propostas para execução extraclasse.

Cabe ainda ressaltar, que nos livros de 2008 e 2011 há a sugestão de um mapa de conceitos para que o aluno preencha como forma de retomar conceitos mais importantes de óptica.

### **Atividades experimentais**

Em 1986 e 1990 não foi proposta nenhuma atividade experimental acerca do conteúdo de óptica. Nestes dois exemplares ocorreu apenas a menção no corpo do texto de duas práticas cotidianas, passíveis de ser realizadas e relacionadas com o tema, porém sem estimular a criticidade ou o estímulo para a realização em aula como atividade experimental.

A primeira sugere colocar a colher dentro de um copo de água, para que assim, seja possível verificar o fenômeno da refração. A outra recomenda utilizar uma colher como espelho esférico, a partir da superfície polida e refletora. Estes dois experimentos são apenas apresentados como meio de exemplificação.

Nos demais livros ocorreram propostas de atividades experimentais de forma a contribuir com a familiarização de fenômenos ópticos (Tab. 6), sendo que o local de inserção no texto variou, ou seja, no meio do texto ou no final do capítulo.

Em 2002 há a recomendação da realização de dois experimentos no final de cada capítulo de óptica, sobre a refração e a decomposição da luz branca. A obra de 2006 sugere quatro experimentos, sobre os temas refração (o mesmo de 2002), decomposição da luz branca (diferente do anterior), espelhos esféricos e planos. Em 2008 a obra sugeriu apenas um experimento sobre espelhos esféricos, e em 2011 dois, um sobre espelhos esféricos e outro sobre espelhos planos. O que diferiu nas três últimas obras foi o local em que os experimentos apareceram, ou seja, ao longo do texto, como forma de contextualização ou apresentação inicial do assunto, ou no final do capítulo (Tab. 4), podendo influenciar na forma de utilização nas aulas.

**Tabela 6 – Experimentos apresentados pelos livros analisados e o local de inserção no capítulo.**

| <b>Livro</b> | <b>Experimento(s)/local de inserção</b>                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2002         | Refração da luz – final do capítulo.<br>Decomposição da luz branca – final do capítulo.                                                                                                                                                                                    |
| 2006         | Refração da luz – final do capítulo.<br>Decomposição da luz branca: Construção de arco-íris – ao longo do texto.<br>Espelhos esféricos: Colher como espelho côncavo e convexo – ao longo do texto.<br>Espelhos planos: Imagem de dois espelhos planos – ao longo do texto. |
| 2008         | Espelhos esféricos: Colher como espelho côncavo e convexo – ao longo do texto.                                                                                                                                                                                             |
| 2011         | Espelhos esféricos: Colher como espelho côncavo e convexo – ao longo do texto.<br>Espelhos planos: construção de um periscópio – final do capítulo.                                                                                                                        |

Os experimentos sobre refração e espelhos esféricos são os mesmos em todas as obras. Já os referentes aos espelhos planos e decomposição da luz branca são diferentes, apesar de abordarem o mesmo tema.

O experimento de refração presentes em 2002 e 2006 consistiu em verificar o desvio no feixe de luz a partir da interação entre um feixe de luz oriundo de uma lanterna e um frasco de água. No entanto, em 2006 o experimento está mais explicitado, com a colocação de esquemas para ilustrar como deveria ser construído.

Para verificar a formação de imagens em espelhos côncavos e convexos foi sugerido a aproximação e o afastamento das duas faces da colher do rosto, prestando a atenção nas características das imagens formadas. Este experimento permite que o aluno faça isso em casa ou na própria escola, com materiais disponíveis no cotidiano, aproximando a física de situações reais.

Com relação à decomposição da luz branca, em 2002 foi sugerida a montagem de experimento com o uso de cartolina, copo de água e papel toalha, que deveriam ser expostos ao Sol pela manhã. Já em 2006, foi proposto que em um dia ensolarado seja realizado um esguicho de água com uma mangueira, observando assim, a formação de um arco-íris formado a partir da decomposição da luz branca.

Em 2011 foi sugerida a construção de um periscópio, a partir de dois espelhos retangulares colocados dentro de um tubo de papelão ou de PVC. No entanto, esta experiência pode não ter o êxito esperado, pois a forma de montagem não foi exposta de forma clara. Por exemplo, não chama a atenção para o alinhamento correto dos dois espelhos entre si, de modo a se formar um ângulo de  $45^\circ$ .

Com exceção do experimento do periscópio, os demais sugeridos em todos os livros permitem chegar aos resultados esperados, ou seja, são os mesmos que os alunos chegariam ao executar a atividade. Sobre este fato Pimentel (1998, p. 312) argumenta que quando os resultados não são os sugeridos pela obra “geram frustração nos alunos e podem comprometer sua credibilidade no assunto, refletindo-se negativamente em todo o processo de aprendizagem”. Isto pode prejudicar o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que se torna um obstáculo e não um facilitador.

Apesar do consenso de diversos autores em relação à importância das práticas experimentais no ensino de ciências da natureza (e.g. VASCONCELOS e SOUTO, 2003; GUIMARÃES, 2009; ANDRADE e MASSABNI, 2011; TAHA et al., 2016), a presença no livro didático deve apresentar elementos que facilitem a contextualização e a significação do conhecimento, como possuir títulos, objetivos e roteiro de interpretação crítico, por exemplo.

A presença dos elementos acima citados propicia que os experimentos cumpram o papel desejado no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, permitir ao estudante “[...] *formular hipóteses, coletar dados, interpretá-los e elaborar suas próprias conclusões*” (VASCONCELOS e SOUTO, 2003, p. 99). A partir da interação entre as dúvidas e a experimentação, há a possibilidade de se chegar a conclusões a partir da mobilização dos saberes. Assim, há a possibilidade de o aluno se tornar protagonista no aprendizado e formulador do próprio conhecimento, tornando-se ativo, sob a mediação do professor.

Em relação à estrutura dos experimentos propostos, apenas o conteúdo sobre refração da luz apresentado em 2006 foi satisfatório. Este, apesar de ser o mesmo de 2002, apresentou o título, os objetivos, um roteiro bastante detalhado, inclusive com desenho. Além das questões já apresentadas no ano anterior, sugeriu outra que permite aos alunos refletirem sobre os resultados. Os demais experimentos presentes nas obras de 2006, 2008 e 2011 não apresentaram os títulos, os objetivos, os roteiros e as questões não conduziam a reflexões e não permitiam a criticidade, pois se constituíram de **O que é, Qual**, entre outros. A presença de questionamentos que exigem interpretação e reflexão deve ser um dos requisitos imprescindíveis nos roteiros, pois somente a partir de perguntas que ultrapassem a esfera do óbvio o aluno poderá criar o hábito de observar e formular respostas, podendo alcançar a alfabetização científica e a formação cidadã.

### **TECENDO CONSIDERAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES DO PNLD PARA O LIVRO DIDÁTICO DE CIÊNCIAS**

O Programa Nacional do Livro didático (PNLD) foi criado para disponibilizar para a educação básica pública livros didáticos de qualidade, garantindo a gratuidade e universalidade deste recurso didático.

A partir do ano de 1996 a avaliação pedagógica dos livros didáticos vem sendo realizada de forma sistemática em uma parceria estabelecida entre o Ministério da Educação e universidades públicas. Ao longo dos anos os critérios de avaliação foram sendo modificados a cada edição do guia nacional do livro didático de ciências, no entanto, estes sempre estão focados nos mesmos itens, como a linguagem, a relação com o cotidiano, a qualidade gráfica, os experimentos, entre outros.

Apesar de se esperar melhoras na qualidade do livro didático de ciências com a avaliação do PNLD, ainda é possível perceber problemas nas edições deste recurso didático. Por isto, ainda é importante o olhar crítico sobre estas obras, mesmo após as avaliações, de forma a se evitar deficiências no processo de ensino e aprendizado.

A partir disto cabe o seguinte questionamento: Quais as mudanças ocorridas a partir do PNLD nos livros didáticos de ciências da (o) 8ª série/9º ano do ensino fundamental ao longo de três décadas?

Foi perceptível que ao longo dos anos o espaço ocupado pelo tema óptica aumentou gradativamente, assim como a diversidade na forma de abordagem. Porém, foi a partir de 2002 que houve grande mudança em relação aos anteriores, sendo que esta pode não ter ocorrido por acaso. Foi a partir deste ano que os livros analisados passaram a ser avaliados pelo PNLD. Este fato pode ter refletido maior preocupação com a apresentação do tema.

O número de páginas para discorrer sobre determinado assunto deve ser analisado com cautela, pois caso não seja utilizado com racionalidade o aumento destas pode não ser fator facilitador. No entanto, Rosa e Mohr (2010) acreditam que poucas páginas destinadas para determinado assunto pode comprometer o conteúdo, pois limita a abordagem, desde que o aumento resulte em qualidade.

Como forma de fazer com que o aumento de páginas resulte em uma apresentação adequada de determinado assunto, é importante a utilização de recursos diversificados. Assim, devem estar presentes ao longo do texto questões de contextualização, imagens de qualidade e que complementem as informações, curiosidades e pequenos textos para aprofundamento.

No caso das coleções as quais pertencem os livros analisados, Brasil (2004, 2007 e 2010) salientam a presença de excesso de informações. Além disto, destaca também que o conteúdo é apresentado em trechos longos que podem desencorajar a leitura e conduzir a uma complexidade das informações inadequada para a faixa etária destinada.

Mais especificamente o Guia do Livro Didático de 2011 (BRASIL, 2010) chama a atenção para o livro do 9º ano, no qual o referido excesso conduz para uma abordagem convencional e induz a memorização. Apesar da constatação do referido autos, este fato não foi verificado claramente para o conteúdo de óptica, pois este apresentou informações relevantes e bem expostas.

A linguagem utilizada nos livros foi aperfeiçoada ao longo dos anos, de forma que o conteúdo se tornou de fácil entendimento. Embora a melhora tenha sido evidente, principalmente nas obras avaliadas pelo PNLD, ainda há a utilização de termos de difícil entendimento na abordagem da óptica, principalmente nos livros de 2002, 2006 e 2008, sendo este fato amenizado em 2011.

Outro fator que se deve considerar é a ausência de glossário no final dos capítulos, fato este evidenciado apenas no guia de 2005, apesar de perdurar até a obra mais atual. No entanto, perdura em todos os livros após a análise do PNLD, nos quais o glossário aparece apenas no final do livro didático sem articulação com o texto.

Como forma de superar esta deficiência, é importante que no final ou ao longo do capítulo, em pequenos boxes, exista um glossário com os principais termos relacionados ao tema óptica e que não tenham sido descritos ao longo do texto. As

chamadas no texto, permitem aos estudantes procurar o glossário, e assim sanarem as dúvidas que porventura surgirem no decorrer da leitura de termos como perpendicular, oblíquo e periscópio, por exemplo, facilitando a compreensão.

As imagens utilizadas ao longo dos anos melhoraram significativamente, principalmente após a avaliação do PNLD. Este recurso é muito avaliado pelos guias, sendo que se destaca a qualidade (BRASIL, 2004 e 2007), a diagramação, o estímulo a leitura e a boa relação com o texto (BRASIL, 2007, 2010 e 2013).

No entanto, ainda há lacunas para serem preenchidas e superadas, como a inexistência de escalas, que são importantes para o dimensionamento dos alunos, e a indicação de cores, pois determinadas imagens são compostas por cores fantasias, que não condizem com a realidade. Estes dois problemas foram levantados apenas em um Guia do Livro Didático (BRASIL, 2004), sendo esquecidos nas edições posteriores. Apesar da ausência deste ponto negativo a partir do guia de 2008 (BRASIL, 2007), as edições das coleções não apresentam escalas e nem indicação de cores fantasias.

A articulação entre texto e imagem apesar de ser bem avaliada pelos guias (e.g. BRASIL, 2007, 2010 e 2013), ainda se apresentou de forma insatisfatória para o conteúdo de óptica. Não há uma chamada formal ao longo do texto, sendo que isto ocorre apenas pela aproximação entre as imagens e o conteúdo escrito. Acredita-se que um sistema de chamada formal, como por exemplo, letras ou números, facilitaria a harmonia entre texto-imagem. Além disto, ainda há imagens sem legendas, que também facilitariam a articulação.

Assim como a qualidade e a legenda, a escala e a unificação entre texto e imagem são imprescindíveis para a funcionalidade dos livros didáticos de ciências no ambiente escolar. A utilização eficaz desses critérios em relação à imagem possibilitará que no momento em que o texto descreve determinada situação, a imagem demonstre exatamente um tipo geral do exemplificado ou o próprio objeto descrito, de forma que a escala, a legenda e a qualidade contribuam para a compreensão. Somente assim, as imagens cumpririam o "papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização, assim como sua contribuição para a compreensão de diversos textos científicos" (GARAJAU et al., 2012, p. 13).

Ainda com relação às imagens dos livros didáticos Martins et al. (2005, p. 38) afirmam que nas últimas séries do ensino fundamental "[...] *passa a ser mais evidente a manipulação de elementos composicionais, tais como cor e escala, e a consequente necessidade de seu entendimento para a significação das entidades representadas*". Assim, torna-se ainda mais importante à existência de escalas na próxima edição do livro analisado, por exemplo.

De maneira geral, a cada edição dos livros houve maior preocupação em relacionar os conteúdos de óptica com o cotidiano. No entanto, esta relação começa a tomar corpo maior a partir da obra de 2006, provavelmente influenciada pelo PNLD. Assim, pode-se sugerir que, além da atualização da obra natural que por si só, ocorra uma adequação aos critérios do programa.

A partir de 2006 os capítulos foram iniciados com situações e questionamentos que relacionam o tema com o cotidiano do aluno, a partir do conhecimento prévio que apresenta. Com isto, é possível evidenciar os conhecimentos, saberes e percepções individuais e coletivas sobre o assunto de óptica.

No tocante aos exercícios propostos houve melhora na diversidade e tipologia, sendo visível esta mudança nos livros sob a avaliação do PNLD. Porém, ainda é necessária a inserção de exercícios propostos que permita a contextualização e a reflexão do aluno. Neste quesito o programa teve pouca influência, quando comparados com os outros quesitos, pois apesar de alguns exercícios permitirem a utilização do senso crítico do aluno, ainda é necessário que estes sejam cada vez menos mecânicos.

A presença de exercícios que exigem a cooperação discente foi bastante escassa e geralmente sugeridas para serem realizadas extraclasse, sendo necessária maior presença destes. Na atual conjectura o docente deve conduzir atividades que prezem pela realização colaborativa em sala de aula.

Os experimentos são apontados nos guias do livro didático de 2005, 2008 e 2011 como o ponto fraco desta coleção. Dentre os problemas apontados pelos guias está a falta de advertência apropriada que garanta a integridade do aluno (BRASIL, 2004) e número pequeno de experimentos que primam pela demonstração e verificação do que acontece (BRASIL, 2007 e 2010).

Curiosamente, apesar de não haver diferença significativa na forma de apresentar os experimentos o guia de 2014 não aponta qualquer considerações relativas ao pequeno número de experimentos ou a apresentação de forma acrítica. No entanto, estas situações ainda perduram na coleção presente no referido guia.

Embora o experimento seja um dos critérios utilizados pelo PNLD, foi evidenciado pouca evolução ao longo dos anos na forma de apresentação destes, mostrando-se de forma secundária, confusa e acrítica. Apesar disto, este não é considerado um critério de exclusão do guia, por isto a coleção sempre figura entre as recomendadas.

A presença de roteiros confusos e a ausência de títulos, de objetivos e de questões que não permitam uma análise crítica dos resultados pode tornar a aprendizagem do aluno sem significado, fazendo com que as atividades experimentais não cumpram o papel acima destacado. Conforme destacam Vasconcelos e Souto (2003) essas atividades devem permitir a análise de fenômenos, a partir da prática de testar as hipóteses levantadas pelo discente, permitindo a proposição de conclusões, conduzido por questões que conduzam para tal situação.

Diante deste fato, cabe aos professores adotarem a obra complementar as atividades experimentais, a partir das concepções prévias dos alunos, identificando o tema abordado, os objetivos e esclarecendo as etapas necessárias para a execução. Além disto, é importante problematizar a atividade a partir de questões que permitam a reflexão e a contextualização do assunto.

## E FINALMENTE...

A melhora das obras na explicação dos conceitos e termos desconhecidos é algo esperado, pois ao longo das quase quatro décadas em que as obras foram publicadas, é compreensível a atualização e melhora na qualidade da linguagem. Além disto, deve-se ponderar que com o passar dos anos o número de páginas, assim como as formas de abordagens, aumentaram e diversificaram.

A partir das análises realizadas, foi possível verificar que o PNLD contribuiu para melhorar os livros didáticos de ciências. Sendo que, há três situações bastante claras ao longo dos anos: os dois livros antes do programa (1986 e 1990), a obra que estaria se adequando a realidade da avaliação (2002) e as que foram concebidas conforme os critérios de avaliação mais atuais (2006, 2008 e 2011). Isso faz com que os livros dentro de cada uma dessas situações sejam bastante parecidos, sejam em termos de imagens, textos, exercícios, entre outros.

O PNLD representou um meio que pressionou por mudanças nos livros didáticos de ciências, principalmente nos critérios que podem eliminar o recurso didático do guia nacional. No entanto, ainda existem importantes mudanças a serem realizadas neste recurso didático, como por exemplo, erros conceituais, ilustrações sem escalas, sem legenda e sem indicação de cores fantasias, abordagens equivocadas de conceitos e sugestão de forma inadequada de experimentos. A maioria destes problemas também foram encontrados por Jacques et al. (2009), ao analisarem o tema **energia** nas mesmas coleções.

Dentre os quesitos analisados foi possível constatar que os melhores avanços ocorreram principalmente entre os livros de 1990 e 2002, ano em que o livro didático já estava sendo analisado pelo programa. Nessa transição, por exemplo, a linguagem utilizada pelos exemplares passou a ser mais clara, ou seja, ocorreu a explicação detalhada e também a explicitação da definição dos termos utilizados. Anteriormente, muitas vezes ficou confuso o que se almejava explicar. Outra melhora importante para a aprendizagem foi à contextualização do tema com a realidade, bastante evidente nos livros de 2006, 2008 e 2011.

Mudanças claras também ocorreram na relação direta entre o cotidiano e os conceitos de óptica, bem como na utilização de atividades que apresentam contextos do dia-a-dia. Porém, ainda existe a necessidade de melhorar nesse quesito, visto que são restritas as atividades que proporcionam essa relação e que levam o aluno a refletir e a construir opinião baseados nos conceitos envolvidos.

Apesar da existência dos avanços verificados, ainda é preciso se ater em algumas questões pertinentes que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem do tema de óptica, como a questão dos experimentos e da relação dos conceitos ópticos com a prática cotidiana, apesar de esta última ter tido melhora evidente.

É sugerido que na parte dos experimentos se deve ter o cuidado em não prejudicar o ensino ao se tratar dos procedimentos a serem feitos, ou seja, é necessário maior esclarecimento do passo a passo, dos objetivos, de forma que sejam detalhados para não confundir na realização do mesmo. Experimentos de realização simples podem ter

o mesmo valor conceitual, como por exemplo, o da refração que poderia ser analisada ao colocar uma moeda dentro de um recipiente que não seja transparente e que não permita a visualização dessa moeda.

O que também pode ser recomendado é o fato de usarem durante o texto, temas que instiguem a curiosidade do aluno, como por exemplo, a explicação do porque as estrelas parecem estar piscando. Este assunto também se refere ao conceito de refração e pode levar ao entendimento do fenômeno da refração e também perceber a relação que existe entre o seu convívio e o científico.

As melhorias apresentadas no desenvolvimento do livro didático de ciências e as que ainda são possíveis de fazer permitem um ensino cada vez mais contextualizado e significativo, sendo dessa forma um contribuinte para o ensino de ciências, contribuindo para que a referida unidade curricular cumpra o papel de alfabetizar cientificamente em busca de um indivíduo crítico capaz de exercer a cidadania.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. V.; SILVA, L. S. T.; BRITO, R. L. Desenvolvimento do conteúdo sobre insetos nos livros didáticos de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, 2008.
- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- BARROS, C. **Química e Física**. São Paulo: Ática, 1986.
- BARROS, C. **Química e Física**. São Paulo: Ática, 1990.
- BARROS, C.; PAULINO, W. **Ciências: Física e Química**. São Paulo: Ática, 2002.
- BARROS, C.; PAULINO, W. **Ciências: Física e Química**. São Paulo: Ática, 2006.
- BARROS, C.; PAULINO, W. **Ciências: Física e Química**. São Paulo: Ática, 2008.
- BARROS, C.; PAULINO, W. **Ciências: Física e Química**. São Paulo: Ática, 2011.
- BIZZO, N. Graves erros nos livros didáticos de ciências. **Ciência Hoje**, v. 21, n. 121, jun. 2000.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos – PNLD 2005: ciências – ensino fundamental**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2004.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos – PNLD 2008: ciências – ensino fundamental**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos – PNLD 2011: ciências – ensino fundamental**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2010.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos – PNLD 2014: ciências – ensino fundamental**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2013.

FEITOSA, A. R.; LEITE, R. C. M. A formação de professores de ciências baseada em uma associação de companheiros de ofício. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 35-50, 2012.

FRACALANZA, H. Livro didático de ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (orgs.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006.

GARAJAU, G.; AMORIM, R.; COSTA, F. J. Análise de imagens de mamíferos representados nos livros didáticos de ciências do 7º ano do Ensino Fundamental. **Educação em Curso**, v. 2, n. 2, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 26-40, 2001.

GOUVÊA, G.; IZQUIERDO, M. Imagens em Livros Didáticos de Ciências. In: ENCONTRO INTERNACIONAL LINGUAGENS E MEDIAÇÕES NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3., 2006. **Atas...** Belo Horizonte, 2006.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

JACQUES, V.; MILARÉ, T.; ALVES-FILHO, J. P. A presença do conceito de energia no tratamento da química em livros didáticos de ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 7., **Atas...** Florianópolis – SC, 2009.

JOTTA, L. A. C. V.; CARNEIRO, M. H. S. Malária: As imagens utilizadas em Livros Didáticos de Biologia. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 7., **Atas...** Florianópolis – SC, 2009.

MACEDO, C. C.; SILVA, L. F. Contextualização e Visões de Ciência e Tecnologia nos Livros Didáticos de Física Aprovados pelo PNLEM. **Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 1-23, 2010.

MAGALHÃES, A. P. F.; MOHR, A. Como os insetos são levados às escolas: uma análise de livros didáticos de Ciências. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 838-850, 2014.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. L. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C.; BUENO, T.; LENTO, C.; PEDRO, T.; PAULO, N. Uma análise das imagens nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru – SP. **Atas...** Bauru – SP, 2003.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVA, I. K. P.; CAMPOS, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**, p. 1-12, 2003.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de Ciências: a Física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.15, n. 3, p. 308-318, 1998.

ROSA, M. D.; MOHR, A. Os fungos na escola: Análise dos conteúdos de Micologia em Livros Didáticos do Ensino Fundamental de Florianópolis. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.5, n.3, p. 95-102, 2010.

SILVA, F. K. M.; COMPIANI, M. Las imágenes geológicas y geocientíficas en libros didácticos de ciencias. **Revista Enseñanza de las Ciencia**, v. 24, n. 2, p. 207-218, 2006.

SOARES, J. B.; SOUZA, W. O. Memorial do PNLD: Elaboração, Natureza e Funcionalidade. In: SEMANA DE HUMANIDADES, 19., 2011. **Atas...** Natal, 2011.

SOUZA, É. V.; SENGHER, E.; OLIVEIRA, R. T. O processo de seleção dos Livros Didáticos de Matemática no Ensino Fundamental Público: Desafios para a questão pedagógica das escolas municipais de Macapá. **Estação Científica – UNIFAP**, v. 1, n. 2, p. 111-125, 2011.

SOUZA, L. H. P. As imagens fotográficas de saúde no livro didático de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., Campinas. **Atas...** Campinas, 2011.

SOUZA, L. H. P.; GOUVÊA, G. Imagens da saúde no livro didático de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., Florianópolis. **Atas...** Campinas, 2009.

SPIASSI, A.; SILVA, E. M. Análise de livros didáticos de ciências: um estudo de caso. **Revista Trama**, v. 04, n. 07, p. 45-54, 2008

TAHA, M. S.; LOPES, C. S. C.; SOARES, E. L.; FOLMER, V. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, 2016.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental – Proposta de Critérios para análise do conteúdo Zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.