



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS REALEZA  
CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA**

**JONATHAN VASILESKI DOS SANTOS**

**Nanoestruturas de Carbono: Uma análise de conteúdo nos livros  
didáticos de ensino médio**

REALEZA – PR  
DEZEMBRO/2018

**JONATHAN VASILESKI DOS SANTOS**

**Nanoestruturas de Carbono: Uma análise de conteúdo nos livros didáticos de ensino médio**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciado em Química na Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Letiére Cabreira Soares

REALEZA – PR  
DEZEMBRO/2018

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Santos, Jonathan Vasileski dos  
Nanoestruturas de Carbono: Uma análise de conteúdo  
nos livros didáticos de ensino médio / Jonathan  
Vasileski dos Santos. -- 2018.  
37 f.

Orientador: Doutor Letiére Cabreira Soares.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Química-Licenciatura , Realeza, PR , 2018.

1. Nanoestruturas de Carbono. 2. Grafeno. 3.  
Nanotubos de Carbono. 4. Fullerenos. I. Soares, Letiére  
Cabreira, orient. II. Universidade Federal da Fronteira  
Sul. III. Título.

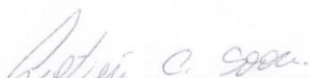
JONATHAN VASILESKI DOS SANTOS

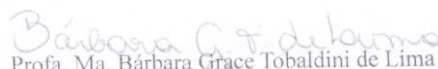
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como requisito para obtenção do grau de LICENCIADO EM QUÍMICA na UFFS, campus Realeza/PR.


Orientador: *Prof. Dr. Letiere Cabreira Soares*

Este trabalho de TCC foi defendido e aprovado pela banca em 06 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. Letiere Cabreira Soares (UFFS/Realeza/PR)

  
Profa. Ma. Bárbara Grace Tobaldini de Lima (UFFS/Realeza/PR)

  
Profa. Ma. Cláudia Almeida Fioresi (UFFS/Realeza/PR)

*“Em nossas vidas, a mudança é inevitável. A perda é inevitável. A felicidade reside na nossa adaptabilidade em sobreviver a tudo de ruim.” Buda*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que por muitas vezes, me vi pedindo ajuda e direção, por me guiar sempre na direção certa.

Agradeço a meus pais e familiares que me apoiaram em toda minha vida acadêmica, das minhas tomadas de decisão e me fizeram seguir até o final.

Aos meus amigos, por toda força, acolhida e incentivo, por vários momentos foram a ponte para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a Lylyany, que seguiu junto de toda esta formação, com palavras de incentivo e força. A felicidade só é real quando compartilhada - Christopher McCandless.

Agradeço ao professor Dr. Letiére Cabreira Soares por toda ajuda durante todo processo, desde as aulas até o término deste trabalho, sem sua ajuda este trabalho não teria nenhum início.

Agradecimento especial a Mayra Alonço, por toda a ajuda e ideia, para que este trabalho tivesse um rumo a seguir.

Agradeço a todos os professores, técnicos e funcionários da UFFS, por toda partilha de conhecimento, que de uma forma ou outra contribuíram para minha formação acadêmica.

E por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus colegas de turma, por toda preocupação, auxílio, palavras de incentivo, os momentos mais turbulentos, vocês estavam ao meu lado, sempre apoiando e dando mais fôlego para chegar até o final, me sinto grato com os amigos que fiz e que levarei para vida.

## RESUMO

Nanotecnologia, dita de uma forma mais abrangente, é a ciência que estuda a matéria em nível molecular, tendo sua importância na criação de novos materiais, novos produtos e substâncias. No campo da produção científica, as nanoestruturas de carbono possuem uma grande importância, no que se refere a pesquisa e avanços tecnológicos. Cada vez mais, estas estruturas, acabam ganhando espaço em grandes empresas do ramo tecnológico, farmacêutico, automobilístico e medicinal. Pensando nesta questão surge um questionamento, no que se refere ao ensino da nanotecnologia a estudantes de química do ensino médio e não menos importante, aos professores da rede de ensino. Tendo em vista que o assunto vem sendo amplamente divulgado nas últimas décadas, a sua abordagem junto às aulas, até como uma forma de incluir, assuntos relacionados a química e, assim como, correlacioná-lo com assuntos ligados a biologia, medicina, engenharia e tecnologia, proporcionará ao aluno, um saber interdisciplinar, podendo assim trabalhar sobre trabalhar a condução térmica e elétrica, a terapia fotodinâmica, a adsorção de metais pesados e efluentes. Neste trabalho, é abordado a análise nos livros didáticos das nanoestruturas de carbono, subdivididas em: Fulereo, Grafeno e Nanotubos de Carbono, estruturas alotrópicas de carbono. Para a análise, foram utilizados os livros didáticos de Química do ensino médio, da rede pública de ensino e aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), dos anos de 2012 a 2020. Os livros foram cedidos por três escolas públicas da Região Sudoeste do Paraná: Colégio Estadual Cecília Meirelles-EM Colégio Estadual Nereu Perondi-EFM e Colégio Estadual Guilherme de Almeida-EM. A escolha destes colégios foi devido a suas proximidades, existem dois colégios de ensino médio na cidade de Ampére, assim, foi selecionado mais um colégio da cidade vizinha. Para que desta forma a análise fosse melhor trabalhada. A metodologia de análise possui como referência os pressupostos de Laurence Bardin, que consiste na análise de conteúdo, que no presente trabalho foi realizado a análises dos conteúdos trabalhados do 1º ao 3º ano do ensino médio. Os livros didáticos foram analisados em relação a 5 categorias: historicidade, estrutura, aplicações, figuras e, por fim, texto informativo. Em seguida, conforme a presença dos requisitos, os livros didáticos foram classificados como satisfatório, parcialmente satisfatório e insatisfatório. Constatou-se então que nenhuma das coleções didáticas foi classificada u como satisfatória, baseado nos critérios estabelecidos. Embora nanoestruturas de carbono seja um assunto interdisciplinar (abordando assuntos de biologia, física, eletrônica e medicina) e que o Plano Curricular Nacional de Química sugira a abordagem destas estruturas para o estudo de compostos alotrópicos de carbono, os livros didáticos indicados pelo PNLD analisados neste trabalho, não abordam esta temática.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Fulereo .....	13
Figura 2 - Representação estrutural dos nanotubos de carbono.....	15
Figura 3 - Estruturas dos arranjos de nanotubos de carbono .....	15
Figura 4 - Diagrama da formação de nanotubos de carbono a partir da folha de grafeno .....	16
Figura 5 - Métodos de funcionalização dos nanotubos de carbono .....	17
Figura 6 - Grafeno .....	18
Figura 7 - Representação no LD do Nanotubo de Carbono .....	30



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação dos livros analisados .....	24
Tabela 2 - Análise do conceito e conteúdo Fullerenos presente nos Livros didáticos .....	26
Tabela 3 - Análise do conceito e conteúdo Nanotubos presente nos Livros didáticos .....	29
Tabela 4 - Análise do conceito e conteúdo Grafeno presente nos Livros didáticos .....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CD/FNDE	Conselho Deliberativo do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
CVD	Deposição química por vapor
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
LD	Livro Didático
MEC	Ministério da Educação
EM	Ensino Médio
EFM	Ensino Fundamental e médio

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
2.1 FULERENOS .....	12
2.2 NANOTUBOS DE CARBONO .....	14
2.3 GRAFENO .....	17
2.5 PLANO NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO .....	19
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 METODOLOGIA ANALÍTICA BARDIN .....	21
<b>4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
4.1 FULERENOS .....	25
4.1.1 Historicidade .....	25
4.1.2 Estrutura .....	25
4.1.3 Aplicações .....	25
4.1.4 Figuras .....	26
4.1.5 Textos informativos.....	26
4.2 NANOTUBOS DE CARBONO .....	28
4.2.1 Historicidade .....	28
4.2.2 Estrutura .....	28
4.2.3 Aplicações .....	28
4.2.4 Figuras.....	28
4.2.5 Textos informativos.....	29
4.3 GRAFENO .....	31
4.3.1 Historicidade .....	31
4.3.2 Estrutura .....	31
4.3.3 Aplicações .....	31
4.3.4 Figuras.....	31
4.3.5 Textos informativos.....	32
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>33</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia vivenciada nas décadas atuais revela uma relevante e considerável revolução com o desenvolvimento de materiais em escala nanométrica. A nanotecnologia é entendida como o ramo da ciência que estuda a matéria em nível molecular. A escala nanométrica engloba materiais e/ou dispositivos que se encontram na dimensão entre 1-100 nm, pois nesta dimensão a matéria dispõe de propriedades físicas e químicas diferenciadas (BASTOS, 2016). A nanotecnologia é uma área de pesquisa bastante ampla que vem ganhando cada vez mais espaço nas grandes empresas, nas áreas medicinais, tecnológicas científicas entre outras.

As nanoestruturas são baseadas nos mais diversificados tipos de materiais, tais como polímeros, cerâmicas, metais, semicondutores e biomateriais. O grande fascínio proposto pela nanoescala é o mistério daquilo que não é visível e palpável, bem como as inúmeras implicações e aplicações da tecnologia envolvida. Suas aplicações podem ser nas mais diversas áreas como eletrônica, medicina, aeronáutica, cosméticos, meio ambiente, biotecnologia, agricultura e segurança nacional (DURAN Et al., 2006).

Ao pensarmos em estruturas “nano”, nos parece um assunto muito recente, mas materiais compostos por estruturas nanométrica são produzidos desde a idade média, como por exemplo, o aço damasco (AZEVEDO, 2007) e a taça de Lycurgus. (NUNES, 2012). Apenas na década de 1950, quando o físico americano Richard Feynman (vencedor do Prêmio Nobel da Física em 1965) sugeriu a construção e a manipulação, átomo a átomo, de objetos em escala nanométrica. A palestra apresentada por Feynman se deu na Reunião da Sociedade Americana de Física que foi intitulada “Há mais espaços lá embaixo” (There’s plenty of room at the bottom) apresentando sua concepção em nanotecnologia. Feynman falou sobre os princípios da miniaturização e precisão que se tem em nível atômico, e como esses conceitos não violam nenhuma lei conhecida da física. Além disso, descreveu um processo por meio do qual a habilidade de manipular átomos e moléculas pode ser desenvolvida, utilizando um conjunto de ferramentas precisas para construir e operar outro conjunto proporcionalmente menor.

A partir daí o início a uma área a ser amplamente trabalhada, e pesquisada, tanto pela sua importância comercial, como também em diversas área de sua

empregabilidade, trazendo à tona a sua interdisciplinaridade, uma das marcas de nossa ciência moderna.

A partir desse gancho, da interdisciplinaridade, começamos a pensar na importância que este tema possui junto às escolas públicas, principalmente, no ensino médio, onde se tem uma abordagem maior no que se diz respeito a química junto a ciência e a sociedade.

Pensando nisso, o presente trabalho, optamos por selecionar um dos conteúdos dentro das nanotecnologias, mais especificamente as nanoestruturas de carbono: Fullerenos, Grafenos e Nanotubos de Carbono. O estudo utiliza os livros didáticos aprovados pelo PNLD e adotados pelas escolas estaduais dos municípios de Ampére e Santa Izabel do Oeste, ambos no estado do Paraná. A pesquisa realiza uma análise dos livros didáticos, a fim de constatar se os conteúdos acima citados, estão inseridos dentro da divisão dos livros utilizados em sala de aula, pelos alunos e professores.

O tema proposto foi pensado dentro das aulas de química orgânica, pois o assunto em si, instiga uma grande curiosidade, devido a sua vasta aplicabilidade e importância dentro da química, e a dúvida maior era saber, se dentro dos livros didáticos, visto sua importância, era ou não abordado. Possuímos uma vasta gama de assuntos que podemos trabalhar, e poder relaciona-las com as outras áreas do ensino, e poder trabalhar de uma maneira a buscar a interdisciplinaridade é uma questão de visão com a área do ensino como um todo.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a análise dos livros didáticos indicados pelo PNLD dos anos de 2012 a 2020, sobre os conteúdos de nanoestruturas de carbono (Fullerenos, Nanotubos de Carbono e Grafenos), contemplando a 5 tópicos: Historicidade, estrutura, aplicações, figuras e textos informativos.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar Livros Didáticos aprovados pelo PNLD, dos anos de 2012 á 2020;
- Verificar a presença dos conteúdos de Fullerenos;
- Verificar a presença dos conteúdos de Nanotubos de Carbono;
- Verificar a presença dos conteúdos de Grafenos;
- Realizar uma análise qualitativa de como estes assuntos são abordados nos livros didáticos.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

As nanoestruturas de carbono: fullerenos, nanotubos de carbono e grafenos são estruturas alotrópicas de carbono. A alotropia é um fenômeno caracterizado pelas diferenças físicas que são encontrados em compostos constituídos por um único tipo de átomo, ou seja, é a capacidade que um átomo possui de apresentar diversas formas diferentes (NASCIMENTO, 2008). Um exemplo comum que pode ser encontrado na natureza é o gás oxigênio  $O_2$  e o ozônio  $O_3$ , substâncias distintas, mas compostas pelo mesmo elemento. Essa variação atômica faz com que essas substâncias apresentem características diferentes, tendo assim diversas aplicações e importância para a ciência e vida humana.

### 2.1 FULLERENOS

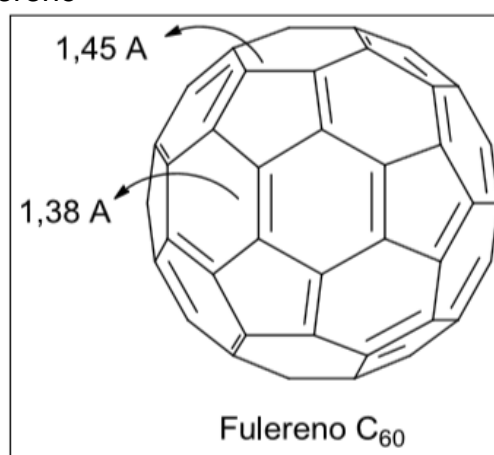
Em meados de 1985 os fullerenos foram descobertos pelos químicos Harold W. Kroto, Richard E. Smalley e Robert F Curl, estes pesquisadores descreveram a descoberta de mais uma forma alotrópica do carbono. Segundo Rocha-Filho, 1996), na década de 90, com o aprimoramento dos métodos de síntese de fullerenos foi possível obter quantidades significativas desta nanoestrutura, fazendo com que muitas pesquisas nesta área fossem passíveis de serem desenvolvidas.

Os fullerenos são uma forma alotrópica do carbono onde através das suas características ficou conhecido como “bola de futebol” devido a sua forma fechada e esférica. Eles são formados por uma rede de hexágonos e pentágonos, tendo os átomos desses carbonos hibridização  $sp^2$ , ou seja, fazem ligações sigmas com outros 3 átomos de carbono, sobrando assim um elétron de cada carbono,

desenvolvendo um deslocamento eletrônico no sistema de orbitais moleculares, dando a molécula um caráter aromático e estável (ROCHA-FILHO, 1996).

Segundo Soares 2014, às ligações entre os anéis de seis membros [6-6] tem características de ligação  $\pi$  e são mais curtas (1,38 Å) do que as ligações [6-5] entre os anéis de seis e cinco membros (1,45 Å) que são melhores descritas como ligações simples, conforme demonstra a figura 1, a seguir.

Figura 1 - Estrutura do Fulereno



Fonte: Soares, 2014.

A forma alotrópica em fullereno compreende estruturas de diferentes simetrias em forma de gaiola, contendo variados números de átomos de carbono estruturas de 30 até 190 carbonos. A estrutura molecular do seu membro mais conhecido, é o C<sub>60</sub>, que foi ilustrado na Figura 1.

Por suas características estruturais os fullerenos podem ser funcionalizados buscando algumas aplicações. Uma das formas de funcionalizar os fullerenos é a inclusão de grupos funcionais dando origem a novas estruturas, isto é possível pois devido ao seu caráter esférico ocorre uma distorção do sistema  $sp^2$ , tornando essas moléculas mais reativas do que os sistemas aromáticos comuns. Outra aplicação é a possibilidade de “aprisionar” em seu interior átomos de gases nobres e metais (ROCHA-FILHO, 1996), tendo alguns desses com a presença de metais, uma característica magnética possuindo aplicações nas áreas de biomedicina e nanomateriais.

Uma das aplicações que podemos abordar é sobre a Terapia Fotodinâmica. Desde o início do século passado, têm se discutido o emprego de corantes como

drogas. Raab Apud Soares (2014) observou a morte de micro-organismos quando eles eram expostos à luz solar e ao ar, na presença de certos corantes. O experimento reportado por Raab é o princípio de uma nova modalidade clínica para o tratamento de câncer e outras doenças.

Esta terapia parte do princípio de que a interação de luz de um comprimento de onda adequado com um composto não tóxico (fotosensibilizador) e oxigênio resultam em uma espécie reativa capaz de induzir a inviabilização de células, que causou a morte dos micro-organismos como observado por Raab. Isso é resultado da reação envolvida, que decorre primariamente da excitação eletrônica do corante pela luz. Nesta reação, acontece à formação de oxigênio singlete e radicais livres, que são extremamente tóxicos para determinadas células e bactérias, podendo levar a morte celular ou a destruição dos tecidos por necrose ou apoptose. (WAINWRIGHT Apud SOARES, 2014)

A Terapia Fotodinâmica (TDF), está sendo amplamente divulgada, o que enfatiza ainda mais o conhecimento sobre o fulereno, e as outras formas alotrópicas do Carbono.

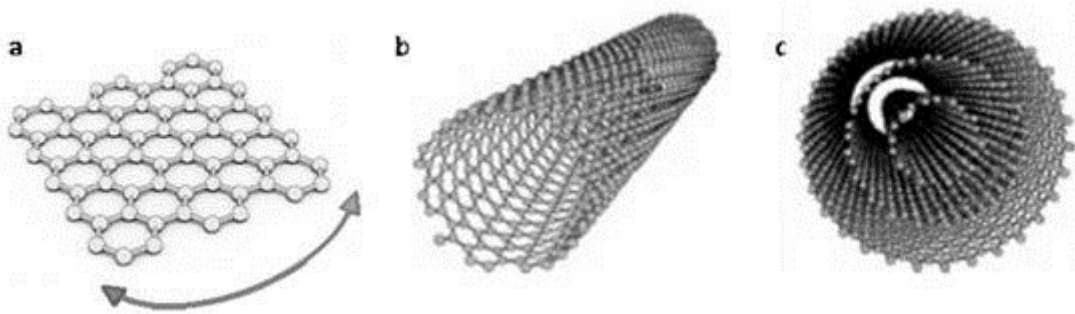
## 2.2 NANOTUBOS DE CARBONO

Os nanotubos de carbono é uma outra forma alotrópica do carbono com alto valor para a ciência, eles possuem uma trama de hexágonos de uma forma cilíndrica, tendo propriedades de condução térmica, mecânica e elétrica. Paralela a descoberta dos Fulerenos, pesquisas com grafite também eram desenvolvidas no Japão, pelo pesquisador Sumio Iijima, que observou a formação de filamentos de átomos de carbono com diâmetros de uns 4 nanômetros (SILVEIRA, 2016).

Do ponto de vista estrutural, os nanotubos de carbono podem ser classificados de duas formas: os nanotubos de carbono de parede simples, que podem ser considerados como uma única folha de grafite enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico; os nanotubos de carbono de parede múltipla que compreendem um arranjo de nanotubos concêntricos. Na figura 2 é demonstrado os nanotubos de carbono de parede simples (b), nanotubos de carbono de paredes múltiplas (c) e o lençol de grafeno sendo enrolado em forma de cilindro (a).



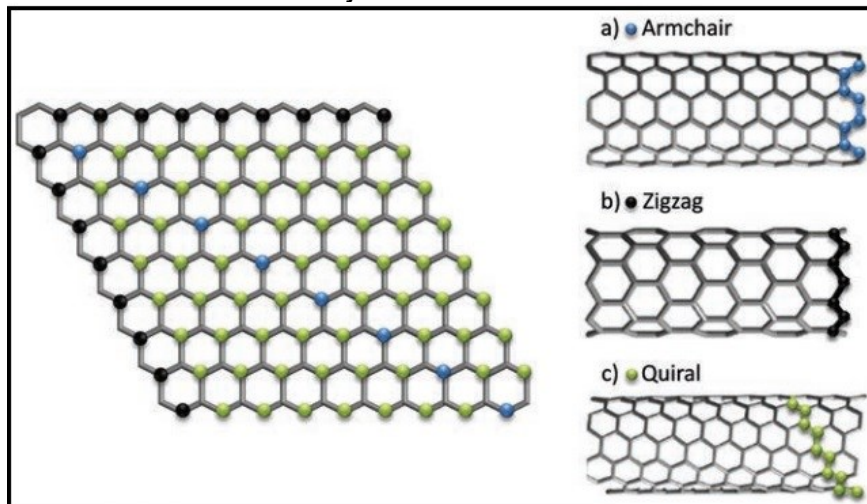
Figura 2 - Representação estrutural dos nanotubos de carbono



Fonte: Machado et al., 2014.

A estrutura dos nanotubos de carbono é formada a partir de camadas de grafeno que se enrolam produzindo cilindros. Pode apresentar três arranjos diferentes sendo determinados pela forma como eles se fecham sobre si mesmos na rede hexagonal de grafeno. Os nanotubos são definidos através de um vetor ou ângulo quiral, sendo nenhum tipo é preferencialmente formado. Nos nanotubos de parede múltipla cada cilindro pode conter uma forma em que se originou. Os três estão demonstrados na figura 3.

Figura 3 - Estruturas dos arranjos de nanotubos de carbono



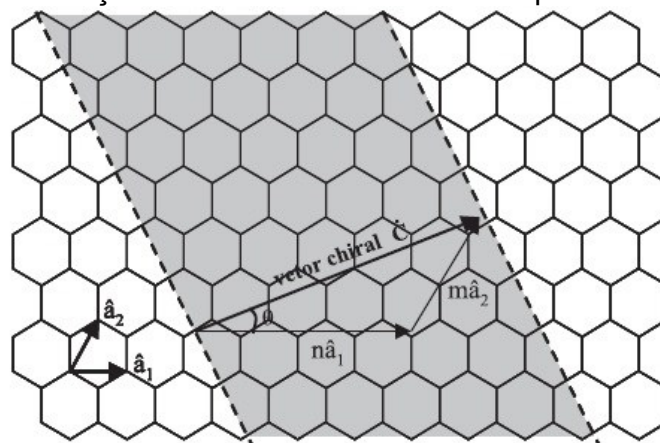
Fonte: Adaptado de Martínez et al., 2013.

Todos os nanotubos de carbono do tipo armchair (cadeira de braços) são condutores elétricos, enquanto que os do tipo zigue-zague e quiral podem ser condutores ou semicondutores. Outra propriedade destes arranjos é que além da boa condução elétrica, não sofrem aquecimento durante a condução, pois sua

estrutura é quase unidimensional, o que favorece o transporte eletrônico nos nanotubos metálicos, ocorrendo sem dispersão, esta propriedade de condução elétrica diferente, resulta nas propriedades eletrônicas excelente dos nanotubos de carbono de parede simples

A figura 4 a seguir, apresenta a formação dos nanotubos de carbono, a partir de uma folha de grafeno. Podemos visualizar a maneira como a folha de grafite pode ser enrolada e qual estrutura será produzida. Se a folha de grafeno for enrolada, seguindo o sentido de  $a_1$  do vetor quiral, será produzido um nanotubo do tipo zig-zague. Já se o vetor acompanhar o sentido de  $a_2$ , teremos a formação do nanotubo do tipo armchair, e para qualquer outro valor de ângulo quiral, teremos um nanotubo do tipo quiral (HERBST, 2004).

Figura 4 - Diagrama da formação de nanotubos de carbono a partir da folha de grafeno

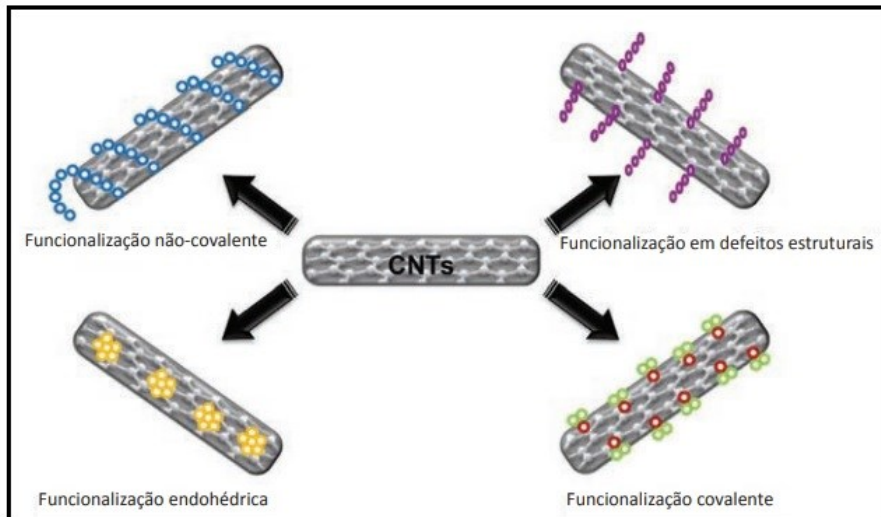


Fonte: Adaptado de Herbst et al., 2004.

Outra propriedade destes arranjos é que além da boa condução elétrica, não ocorre aquecimento durante a condução, pois sua estrutura é quase unidimensional, o que favorece o transporte eletrônico nos nanotubos metálicos, ocorrendo sem dispersão, esta propriedade de condução elétrica diferente, resulta nas propriedades eletrônicas excelente dos nanotubos de carbono de parede simples.

Como nanotubos de carbono são geralmente insolúveis na maioria dos solventes (BANERJEE, 2005) é utilizado a incorporação de grupos funcionais ou moléculas polares nas paredes, assim facilitando e uniformizando a dispersão dos nanotubos em líquidos (Figura 5), sem que haja alteração significativa nas suas propriedades, essa funcionalidade só pode ser realizada a partir de carbono  $sp^3$ , encontrados nas falhas das paredes e nas extremidades dos nanotubos.

Figura 5 - Métodos de funcionalização dos nanotubos de carbono



Fonte: Adaptado de Martínez et al., 2013.

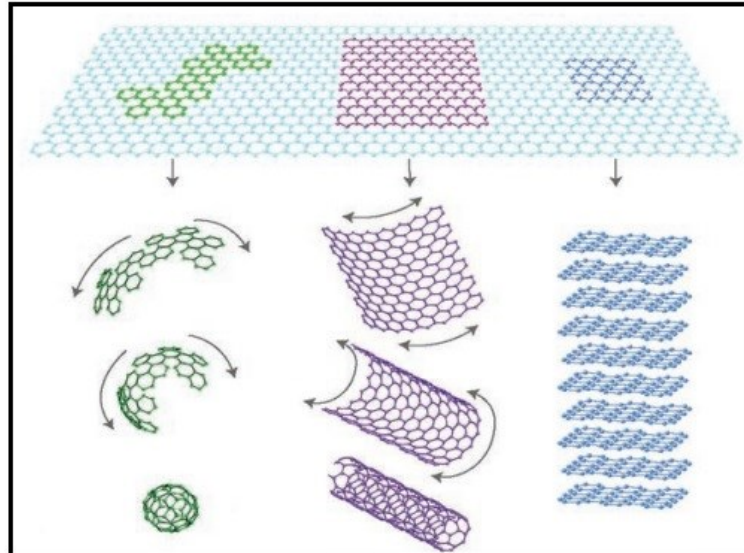
A funcionalização pode ser não-covalente (funcionalização física) ou covalente (funcionalização química). A funcionalização não-covalente de nanotubos baseia-se na utilização de surfactantes capazes de tornar este material “solúvel” em água. Esse processo resulta de interações fracas do tipo van der Waals e interações do tipo  $\pi$ - $\pi$ . Por outro lado, a funcionalização covalente baseia-se no estabelecimento de ligações covalentes de grupos funcionais às estruturas dos nanotubos de carbono, que podem ocorrer nas extremidades ou nas paredes dos tubos, onde há carbonos com hibridização  $sp^3$ . A funcionalização em defeitos estruturais ocorre por meio de transformações químicas nos defeitos existentes no nanotubo. A funcionalização endohédrica, acontece com o preenchimento dos nanotubos com átomos ou moléculas de pequenas dimensões. A modificação das paredes dos nanotubos, seja ela por funcionalização covalente ou não-covalente, altera as propriedades superficiais, influenciando diretamente a capacidade de adsorção dos nanotubos. Os nanotubos são um dos grandes objetos de pesquisa da nanotecnologia, tendo também aplicação em diversas áreas, como adição em materiais poliméricos em materiais adsorventes de gases, biotecnologia como os biossensores, adsorventes de metais pesados e efluentes. (MACÊDO; ROCCO, 2004).

### 2.3 GRAFENO

Os grafenos são uma das formas cristalinas do carbono, característico pela sua condução térmica e elétrica, é um dos materiais mais fortes e resistentes já encontrado. A sua estrutura é formada por hexágonos de carbonos em uma forma plana e com hibridização  $sp^2$ , onde as distâncias das ligações C-C são aproximadamente 1,42 Å e com uma espessura de um átomo de carbono. Décadas antes dos fulerenos o grafeno, já havia sido observado experimentalmente através do grafite, mas apenas em 2004 os pesquisadores da Universidade de Manchester Andre Geim e Konstantin Novoselov o isolaram e identificaram, sendo estes, posteriormente em 2010 condecorados com o Prêmio Nobel de Física (MARTINEZ et al, 2013).

Segundo Silveira (2016), o grupo de Geim utilizou um procedimento simples para obter o grafeno, uma esfoliação mecânica de um lápis em uma fita adesiva comum. O grafeno é o elemento estrutural mais básico de alguns alótropos do carbono e, por este motivo, a sua estrutura é considerada a mãe de outras formas alotrópicas do carbono, como mostra a Figura 6 a seguir.

Figura 6 - Grafeno



Fonte: Adaptado de Martínez et al., 2013.

O grafeno é um material que serve de estrutura básica para alótropos de carbono em todas as dimensões. Pode formar um fulereno, como a estrutura na cor verde, ser enrolado na forma de um nanotubo, como na estrutura de cor roxa, ou ser empilhado formando a grafite como mostrado na estrutura na cor azul escuro, como demonstrado na figura 6.

De todos os materiais que são conhecidos o grafeno é o material mais fino,

ele também é considerado mais forte do que o diamante, sendo além disso flexível e extremamente duro. As propriedades eletrônicas do grafeno são únicas e constituem provavelmente o aspecto mais intrigante deste material. Nair (2008), afirma que além de conduzir corrente elétrica à temperatura ambiente melhor que qualquer outro material, também é transparente, absorvendo apenas 2,3% da luz que incide sobre ele. Essa translucidez se dá ao fato de a estrutura possuir apenas um átomo de espessura.

A elevada condutividade elétrica dos grafenos junto da sua resistência, flexibilidade e transparência, tornam o grafeno um material ideal para aplicações em dispositivos eletrônicos que sejam flexíveis, devido a elevada mobilidade dos elétrons. Pode ser usado como suporte para aumentar a área eletrocatalítica em células de combustível, e também como suporte para fixar nanopartículas metálicas.

O grafeno pode ser utilizado como fixador de nanopartículas metálicas e semicondutoras como o ouro, platina, óxido de zinco e dióxido de titânio. Óxido de grafeno-metal vem sendo utilizado em pesquisas químicas. Na literatura há diversas técnicas para a obtenção do grafite, como a esfoliação mecânica, deposição química por vapor (CVD) e esfoliação química do grafite, outra técnica que surge como alternativa é a técnica de automontagem, que tem sido utilizada para obter filmes com espessura ultrafina e pode servir como precursor para a produção de grafeno sob custo inferior e maior escala que a permitida pelos métodos físicos como a deposição química por vapor (OLIVEIRA, 2017).

Junto das descobertas anteriores relatadas, temos um marco na pesquisa da nanotecnologia e nanociência, devido ao número de aplicações já existentes e a imensidão de novas inovações que estas formas alotrópicas podem vir a ser úteis.

## **2.5 PLANO NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO**

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do governo federal oferece a alunos e professores da rede básica de educação livros didáticos e dicionários para auxiliar no processo de ensino aprendizagem, de forma gratuita e igualitária. O PNLD existe desde 1985, chegando a atender 35 milhões de estudantes brasileiros. Desde do ano de 1996, a Secretaria de Educação Básica tem a responsabilidade de coordenar e avaliar o conteúdo das obras em parceria com universidades públicas. (BRASIL, 2018)

A começar de 1996 o aluno matriculado na rede pública de educação, recebe um livro didático de cada disciplina do eixo comum (português, matemática, ciências, história e geografia) para ser utilizado no ano letivo em que recebeu. Os livros ficam de posse do aluno, na condição de serem devolvidos no final de cada ano, e serão utilizados por outro aluno no ano seguinte, sendo válido por três anos consecutivos.

A escolha e distribuição dos livros didáticos são realizados a cada três anos. Em um determinado ano é realizado a compra dos livros do Ensino Fundamental I, no ano posterior é adquirido os livros do Ensino Fundamental II e Ensino Médio, e por fim, no terceiro é um ano de reposição, onde é necessário para ressarcir e complementar nos casos de novas matrículas. Desde 2004, uma resolução do PNLD, deu início ao Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), que prevê a universalização de livros didáticos para os alunos do ensino médio público de todo o país.

Para a escolha dos livros didáticos, há uma análise criteriosa, realizada pela equipe do MEC, para aprovação sobre avaliação pedagógica, desenvolvendo assim um guia sobre o livro. É tarefa de professores e equipe pedagógica analisar as resenhas contidas no guia para escolher adequadamente os livros a serem utilizados no triênio. O livro didático deve ser adequado ao projeto político-pedagógico da escola, ao aluno, ao professor e à realidade sociocultural das instituições.

A escola deve apresentar duas opções na escolha das obras para cada ano e disciplina. Caso não seja possível a compra da primeira opção, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) envia à escola a segunda coleção escolhida. Portanto, a escolha da segunda opção deve ser tão criteriosa quanto a primeira.

O PNLD possui duas formas de organização e execução, a centralizada e a descentralizada, segundo o Conselho Deliberativo do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (CD/FNDE), diz que a organização centralizada é quando as ações que compõem o processo de aquisição dos livros e dicionários são desenvolvidas pelo FNDE. Já a organização descentralizada é quando o FNDE repassa as verbas para as Secretarias de Educação de Estados ou Municípios, que serão responsáveis por desenvolver a aquisição e distribuição do livro didático às escolas públicas. A descentralização do programa acontece para que ele possa ser executado em proporções gigantescas sendo inviável e complexa a organização somente por vias federais.

Visto a grande abrangência em que a nanotecnologia tem junto a diversas áreas do conhecimento, e o questionamento se o conteúdo que está sendo encontrado, junto aos livros utilizados nas escolas públicas, possui qualidade em sua essência, buscou-se analisar as coleções aprovados pelo PNLD, e indicadas pelo MEC, que foram encaminhados aos colégios da região sudoeste do Paraná. Os livros utilizados para as análises foram cedidos por três colégios estaduais, das Cidades de Ampére e Santa Izabel do Oeste, sendo eles: Colégio Estadual Cecília Meirelles-EM, Colégio Estadual Nereu Perondi-EFM e Colégio Estadual Guilherme de Almeida-EM.

Os livros selecionados possuem diferentes formas de abordagem de conteúdo, visto que os mesmos, são de autores diferentes, o que os diferencia, desde a maneira como os conteúdos são dispostos, como a maneira como são escritos, visto que não existe uma única maneira de dispor o que é apresentado no livro, ele terá, de certa forma, características do autor que escreve a obra.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ANALISE DE CONTEUDO SEGUINDO OS PRESSUPOSTOS DE BARDIN**

Para este estudo, utilizou-se da metodologia de análise de conteúdo segundo Laurence Bardin. A análise de conteúdo, enquanto método, torna-se um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (BARDIN, 2006). Percebemos desta forma, que para a realização das análises, tornou-se necessário um conjunto de regras e roteiros a serem seguidos.

No que se refere ao ponto de partida para a organização do trabalho, a análise de conteúdo foi dividida em 3 segmentos pré-estabelecidos: 1º segmento- A pré-análise; 2º- A exploração do material; 3º O tratamento dos resultados: a inferência e a interpretação (BARDIN, 2006).

A pré-análise é identificada como a fase da organização, nela, sistematiza-se as ideias iniciais de trabalho, tornando mais operacional o objeto de trabalho a ser analisado. Esta fase, possui quatro etapas definidas: a) A leitura “*flutuante*” - que é o estabelecimento do contato com os materiais que serão analisados, momento em que teremos a primeira impressão sobre o conteúdo propriamente dito; b) A escolha

de documentos - Que consiste em demarcar aquilo que será analisado, que neste caso serão os Livros didáticos aprovados pelo PNLD; c) A formulação de hipóteses e dos objetivos - É aquilo que nos propomos a verificar, recorrendo a procedimentos e análise; d) Referenciação dos índices e elaboração de indicadores - Que se trata de determinação de indicadores nos documentos de análise

A exploração do material é a sua categorização e enumeração, a fim de obtermos um significado correto da análise que estamos realizando, é a fase mais longa e fastidiosa, mas conseqüentemente a mais importante, pois é nela que obteremos as diversas interpretações sobre os conteúdos analisados. Esta é a fase onde cabe a descrição analítica, que está submetido ao referencial teórico utilizado. Para Bardin, nesta fase é necessário que tenhamos algumas categorias, como a exclusão mútua: onde o elemento só pode constar em uma categoria; a homogeneidade, que propõe que deve ter apenas uma divisão de análise, e que caso existam mais que uma, ser dividido em demais categorias; pertinência: que trata sobre os objetivos da pesquisa do investigador, a intenção que possui com o trabalho; a objetividade: Que diz respeito a clareza no texto, que os pontos acima foram trabalhados sem distorções, teremos em sua conclusão dados mais objetivos e exatos, referenciando isso a produtividade.

A terceira parte diz ao respeito ao tratamento dos resultados: a inferência e a interpretação - Que diz ao respeito as informações contidas no trabalho são significativas e válidas, se estabelece um quadro de resultados, e põem em destaque as informações fornecidas para a análise. É nesta fase que teremos uma análise reflexiva e crítica sobre o tratamento de resultados.

Ainda assim o processo de análise de conteúdo, pode abordar diferentes formas de abordagens além das três formas citadas, pois as unidades de análise podem variar, enquanto alguns irão optar pela palavra, outra podem optar pelo texto em si, assim como seu tratamento de resultados, enquanto alguns somente classificaram a palavra, outros o farão sobre a estrutura lógica do texto, mostrado a partir disso a forma mutável como pode ser trabalhada a análise de conteúdo, dependendo daquilo que se quer trabalhar a discutir em seu tratamento de resultados

Seguindo os critérios estabelecidos por Bardin, trabalharemos com a ideia de saber se aquilo que analisamos nos LD estão de acordo com os estudos científicos que a literatura da química apresenta ou não. Desta maneira, a classificação dos



conteúdos será em três pareceres: satisfatório, parcialmente satisfatório e insatisfatório.

De acordo com o estabelecido para esta pesquisa, para que os conteúdos apresentados nos LD sejam classificados como satisfatório, faz-se necessário que apresentem as seguintes categorias elaboradas a priori:

1- Historicidade - Parte de um trabalho qualitativo é a captura da história, seja ela de uma pessoa em específico ou grupo, assim como de uma organização ou movimento social, assim o trabalho do pesquisador é investigar, interpretar e disponibilizar esta historicidade as outras pessoas. (STAKE, 2011). É importante que tenhamos uma breve contextualização histórica, para que possamos situar a quem está lendo o início de descoberta, quem o descobriu, e a realidade histórica que está inserida esta descoberta.

2- Estrutura - O uso da estrutura, no ensino das Ciências Naturais, possui uma grande importância. Ela trará o conhecimento químico para uma linguagem, mais clara, a partir de gráficos, figuras e fórmulas estruturais, tornando ao leitor algo concreto e imaginável, difícil de se visualizar apenas em um mundo microscópico (VIGOTSKI apud ROQUE; SILVA, 2008).

3- Aplicações - As aplicações do conteúdo da química trazem ao aluno uma contextualização com o cotidiano, fazendo da aprendizagem algo mais significativo, assim, interagindo com o mundo é que o aluno desenvolve seus primeiros conhecimentos químicos. O conhecimento realiza-se através contínuas e renovadas a partir da interação com o real, assimilando o conteúdo no cotidiano o aluno tem uma outra oportunidade de aprendizagem (PIAGET apud CARDOSO; COLINVAUX, 1999).

4- Figura - A figura está correlacionada com a estrutura, pois é uma maneira de se interpretar uma visão microscópica para uma forma de linguagem macroscópica, principalmente no estudo da Química e Física. O uso de linguagens não-verbais nos livros didáticos, possibilitam ao leitor uma forma mais tangível de compreender os conteúdos abordados.

5- Textos Informativos - Os textos informativos trazem os princípios do educar pela pesquisa, a fim de contribuir com leitor numa formação voltada à resolução de situações problemas contidos no dia a dia. A leitura de textos informativos auxilia na (re)construção do conhecimento dos alunos, introduzindo em

sala de aula um senso crítico e de autonomia para realizar uma investigação acerca dos conteúdos abordados (PRESTES, 2009).

Para que a análise seja considerada parcialmente satisfatório deve a mesma apresentar de 2 a 4 dos pontos mencionados acima, sendo que dentre estes pontos, deve conter entre eles, a historicidade, a estrutura ou aplicações. Insatisfatório é considerado quando o conteúdo apresentado possuir apenas 1 dos 5 pontos acima mencionados. Cada um dos 5 pontos deve apresentar coerência nas informações apresentadas, conforme será mostrado na sequência deste trabalho. Estes pontos foram elaborados a priori, a partir das análises mencionadas acima.

Segundo Bardin (apud ALONÇO; BOELTER 2016), a análise é um único instrumento, mas marcado por grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto, com isso é possível seguir vários caminhos, inclusive possibilitar e demonstrar uma margem de natureza qualitativa e quantitativa.

#### 4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Iniciou-se o trabalho com a identificação das coleções de livros didáticos aprovadas pelo PNL D e, conseqüentemente, indicadas pelo MEC para a escolha dos livros que seriam utilizados no ano letivo desde 2012 até o ano de 2020 nas escolas públicas de Ensino Médio nos municípios de Ampére e Santa Izabel do Oeste estado do Paraná (Tabela 1), cada colégio cedeu de uma a duas coleções de LD, diferentes entre si, que foram utilizados pelos colégios acima mencionados.

Na tabela 1 estão discriminadas as coleções utilizadas para as análises. Foram analisadas 5 coleções didáticas, totalizando 15 livros, com diferentes abordagens de conteúdo.

Tabela 1 - Identificação dos livros analisados

<b>Livro</b>	<b>Séries</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Editora</b>	<b>Edição/ano/local</b>	<b>Referência</b>
Química na abordagem do cotidiano	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	Francisco Miragaia Peruzzo; Eduardo	Moderna	3 <sup>a</sup> / 2010/ São Paulo	L1

		Leite do Canto			
Química Cidadã	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	Wildson Santos, Gerson Mol	AJS	2 <sup>a</sup> / 2013/ São Paulo	L2
Química	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	Martha Reis	Ática	1 <sup>a</sup> / 2016/ São Paulo	L3
Química	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	Martha Reis	Ática	2 <sup>a</sup> / 2016/ São Paulo	L4
Ser Protagonista - Química	1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup>	Murilo Tissoni Antunes	SM	2 <sup>a</sup> / 2013/ São Paulo	L5

Fonte: Autor.

## 4.1 FULERENOS

### 4.1.1 Historicidade

Sobre a historicidade do Fulerenos, para uma melhor compreensão do aluno, é importante que tenha a data de descoberta, assim como o grupo que o pesquisou, bem como os experimentos utilizados para a sua constatação.

### 4.1.2 Estrutura

No contexto abordado no livro didático, importante que tenhamos a estrutura do Fulerenos  $C_{60}$ , forma mais abundante dos Fulerenos, assim como a citação da existência de outras estruturas de Fulerenos, sua relação com as demais formas alotrópicas de carbono.

### 4.1.3 Aplicações

Em relação às suas aplicações constar a formação de novas estruturas através do  $C_{60}$ , bem como a aplicação na biomedicina e nanomateriais.

#### 4.1.4 Figuras

O uso das figuras, evidencia alguns pontos de sua contextualização sócio histórica, em meio às políticas educacionais, como um meio de trazer para dentro da sala de aula linguagens renovadas que circulam no cotidiano da população. Importante que sejam encontradas figuras da estrutura dos Fullerenos que demonstra os diferentes tipos de ligações e arranjos dos átomos de carbono destas estruturas.

#### 4.1.5 Textos informativos

Nos livros didáticos a linguagem dos textos é mais didática, sendo objetiva trazendo uma linguagem clara e acessível, levando em consideração que o interlocutor não tem conhecimentos prévios sobre o assunto, sendo o tema apresentado de acordo com o nível de entendimento. Em textos informativos é importante se seja abordado conteúdo de Fullerenos com o cotidiano dos alunos, favorecendo o entendimento e compreensão da sua importância para a sociedade, umas das questões que podem ser abordadas dentro de textos informativos são os trabalhos realizados com a terapia fotodinâmica (TFD), na exposição à radiação de infravermelho, no intuito de combater o câncer de pele

Tabela 2 - Análise do conceito e conteúdo Fullerenos presente nos Livros didáticos

<b>Referência</b>	<b>Série</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Conteúdo observado</b>	<b>Parecer</b>
L1	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L2	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L3	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L4	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L5	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório

Fonte: Autor.

Após analisar os livros didáticos constatou-se que em nenhum momento foi abordado o conteúdo sobre fullerenos, da mesma forma, nenhuma relação entre

fulerenos e diversos conteúdos abordados na área de Química foi realizada. Conforme pré-estabelecido, baseado na análise dos conteúdos das 5 edições dos livros didáticos, classificou-se todos os livros como insatisfatórios neste aspecto.

A presença deste conteúdo é de extrema importância, tendo em vista a sua vasta abrangência perante a diversos assuntos que podemos abordar com ele assim como com as outras áreas do ensino, como a biologia e a física. O fulereno pode ser trabalho como uma das formas alotrópicas do carbono, fugindo da forma “engessada” como é apresentada nos livros didáticos, onde os principais exemplos ensinados são o Grafite, Diamante.

Ainda com relação a estrutura, conteúdos de química trabalhados no ensino médio, como hibridização e ligações químicas podem ser abordados a partir do fulereno. Visto que as formas como os átomos de carbonos estão organizadas formam anéis de 5 e 6 membros com diferentes comprimentos de ligações, a existência da torção dos ângulos de ligações em carbonos híbridos  $sp^2$ , visto que em outros exemplos são tratados apenas como ligações planares.

Vale a pena ressaltar que podemos trabalhar com os alunos a questão da aromaticidade do fulereno, considerando que estas estruturas apresentam um elevado número de ligações duplas conjugadas. Importante ressaltar que a maioria dos autores tratam, como critério obrigatório, para uma estrutura ser considerada aromática ela deve ser plana. Para o caso dos fulerenos embora ocorra uma distorção do sistema  $\pi$  o  $\rho$  se tratar de uma estrutura esférica, este composto é considerado aromático

Junto às questões biológicas, para mostrar a sua importância, estão as aplicações na atividade antiviral, antimicrobiana, assim como transporte de drogas. Em especial, a utilização dos fulerenos na terapia fotodinâmica, uma nova metodologia utilizada para o combate de câncer (em especial de pele) que consiste na irradiação de luz infravermelho no fulereno e a geração de espécies reativas de oxigênio que irão interagir com as células cancerígenas e desencadear o processo de apoptose (SOARES, 2014)

## 4.2 NANOTUBOS DE CARBONO

### 4.2.1 Historicidade

A necessidade de compreender a historicidade dos nanotubos de carbono se deve ao seu alto valor para a ciência, seria importante apresentar o grupo de cientistas que, paralelamente aos fulerenos, pesquisou e descobriu os filamentos de nanotubos, outra informação importante são os experimentos que foram utilizados para constatar a existência dos nanotubos bem como o período de desenvolvimento desta pesquisa.

### 4.2.2 Estrutura

Para melhor compreender os nanotubos é interessante que seja abordado que ele possui camadas simples e duplas, assim como seja demonstrado a estrutura dos nanotubos de carbono são formadas a partir de camadas de grafeno que se enrolam produzindo cilindros e podem apresentar três arranjos diferentes sendo determinados pela forma como eles se fecham sobre si mesmos na rede hexagonal de grafeno e pôr fim a existência de falhas nas paredes e terminações destas estruturas que apresentam átomos de carbono híbridos  $sp^3$ .

### 4.2.3 Aplicações

Em relação às aplicações na abordagem do livro didático, é importante que seja trabalhado a adsorção de gases, biossensores, adsorvente de metais pesados e efluentes. Outro assunto a ser observado nos livros didáticos é que os nanotubos de carbono são um dos grandes objetos de pesquisa da nanotecnologia podendo ter diversas áreas de aplicação com funções a serem descobertas.

### 4.2.4 Figuras

O uso das figuras pode evidenciar e favorecer a compreensão, como um meio de trazer para dentro da sala de aula a representação da estrutura e possibilidades que pode apresentar. Importante encontrar figuras que representassem a funcionalização dos nanotubos de carbono, e suas subclassificações quanto ao número de camadas e a forma como a folha de grafeno pode ser enrolada

#### 4.2.5 Textos informativos

Levando em consideração a linguagem dos textos no livro didático, é objetiva, clara e acessível, o tema apresentado precisa estar de acordo com o nível de entendimento dos alunos. Através disso é importante que na apresentação do tema haja uma abordagem clara e acessível, favorecendo o entendimento e compreensão da sua importância para a sociedade, sendo relacionado com o cotidiano do aluno.

Tabela 3 - Análise do conceito e conteúdo Nanotubos presente nos Livros didáticos

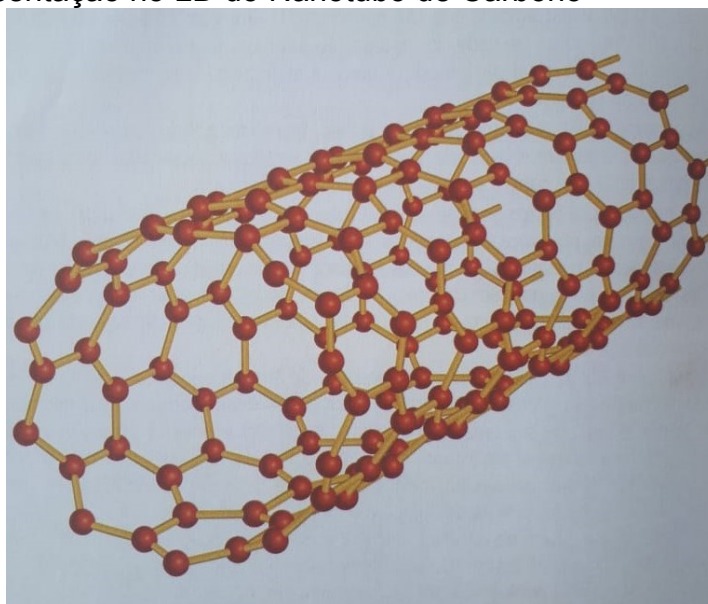
Referência	Série	Capítulo	Conteúdo observado	Parecer
L1	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L2	3ª ano	8 - Modelo Quântico	Nanotubos de carbono	Insatisfatório
L3	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L4	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L5	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório

Fonte: Autor.

Após analisar os livros didáticos constatou-se que o L2 fala sobre os nanotubos de carbono, essa abordagem acontece no livro de terceiro ano no capítulo de modelos quânticos. O tema de análise aparece dentro um texto informativo, que é chamado tema em foco, onde o autor aborda um tema social, contextualizando o conhecimento químico. Neste texto é tratado a nanotecnologia, fazendo apenas uma citação sobre os nanotubos, apenas a sua importância de pesquisa foi destacada e nenhuma relação de diversos conteúdos foi realizada, sendo a apresentação do tema classificado como insatisfatório.

O texto apresenta uma ilustração de Nanotubo (Figura 7), mas a mesma é de difícil compreensão, pois não há como identificar com clareza que a mesma é um Nanotubo, devido a sua falta de orientação, e informação sobre a mesma.

Figura 7 - Representação no LD do Nanotubo de Carbono



Fonte: Mol e Santos, 2013.

Outro ponto é a explicação para a imagem acima citada, a mesma cita que “um Nanotubo de Carbono é basicamente uma folha de grafite enrolada, na forma de um cilindro”. Essa informação não contempla na totalidade a definição de Nanotubo, pois o Nanotubo é feito a partir de uma fita de Grafeno, e essa pode ser simples ou múltipla, e que dependendo a forma como a mesma é enrolado são produzidos nanotubos quirais, zigue-zague e armchair e, conseqüentemente irá possuir uma propriedade química e física diferente.

O texto em que a imagem está inserida, trabalha o conteúdo de nanopartículas, e dispositivos eletrônicos de uma forma bem geral, muito vaga, mas nada em específico ao Nanotubo de carbono em si.

A partir disso, podemos afirmar que aquilo que apresenta em seu conteúdo é insatisfatório, pois apresenta informações incompletas sobre tal, assim como sua ilustração confunde muito, não possuindo uma estrutura muito visível de um Nanotubo. A principal questão dos nanotubos, que seriam as propriedades diferente, sobre as diferentes estruturas de Nanotubos, não são citadas.

Uma outra possibilidade que poderia ser explorada nos LD é sobre a formação dos arranjos dos nanotubos de carbono, existem 3 tipos de arranjos: Armchair, Zigue-Zague e Quiral, pois, cada um possui uma propriedade química e física diferente.

Sobre as aplicações dos nanotubos, é importante observar as diversas áreas, em que está inserida, como adição em materiais poliméricos em materiais



adsorventes de gases, biotecnologia como os biossensores, adsorventes de metais pesados e efluentes. (MACÊDO; ROCCO, 2004).

O ponto positivo sobre a inserção do Nanotubo, é que com o texto informativo, conseguimos observar que tentaram de certa forma apresentar este conteúdo, e associá-lo aos ramos de tecnologia, mostrando a sua correlação.

## 4.3 GRAFENO

### 4.3.1 Historicidade

Na historicidade do grafeno, pode ser destacada que décadas antes dos fulerenos, o grafeno já havia sido observado experimentalmente através do grafite, mas que apenas em 2004 ele foi isolado e identificado, levando os seus pesquisadores receber em 2010 o Prêmio Nobel de Física. É importante a presença do início de trabalho com o Grafeno e experimentos utilizados para desenvolvê-lo.

### 4.3.2 Estrutura

A representação da estrutura da folha do grafeno é algo que se faz necessário para sua compreensão, representar ao longo da abordagem do tema pode enriquecer a aprendizagem. A representação sua estrutura molecular, assim como a pesquisa sobre a eletrônica pode surgir com ponto de interesse, chamando a atenção do leitor ao restante do texto.

### 4.3.3 Aplicações

É de grande valia ser destacado que o grafeno é o precursor dos fulerenos, grafite e nanotubos de carbono, servindo de estrutura básica para eles. Outro ponto que pode ser destacado aos leitores é a característica do grafeno e quanto ele pode ser útil na aplicação de diversas áreas, em especial na eletrônica.

### 4.3.4 Figuras

No tema grafeno, encontrar nos livros didáticos figuras que representassem fatores históricos, a estrutura dos grafenos e sua característica de se transformar nos outros alótropos já citados anteriormente.

#### 4.3.5 Textos informativos

Levando consideração que o interlocutor não tem conhecimentos prévios sobre o assunto, esperava-se que o tema fosse apresentado de uma maneira clara e objetiva. Através disso o autor poderia destacar que temos um marco na pesquisa da nanotecnologia e nanociência, devido ao número de aplicações já existentes e a imensidão de inovações que estas formas alotrópicas podem virem a ser úteis, favorecendo o entendimento e compreensão da sua importância para a sociedade.

Tabela 4 - Análise do conceito e conteúdo Grafeno presente nos Livros didáticos

<b>Referência</b>	<b>Série</b>	<b>Capítulo</b>	<b>Conteúdo observado</b>	<b>Parecer</b>
L1	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L2	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L3	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L4	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório
L5	1º, 2º e 3º	Todos	Nenhum conteúdo encontrado	Insatisfatório

Fonte: Autor.

Após analisar sobre os tópicos esperados para o tema grafeno nos livros didáticos constatou-se que em nenhum momento este tema foi abordado, da mesma forma, nenhuma relação de diversos conteúdos foi realizada, todos os livros foram considerados insatisfatórios.

O Grafeno, por ser uma das mais recentes descobertas, e possui grande importância no que se refere aos assuntos de nanotecnologias, deveria ter um espaço mais importante junto aos conteúdos dos LD. Apesar disso, em sua grande maioria é trabalhada apenas dentro das universidades, em disciplinas específicas dos cursos de química, não se possui um conhecimento anterior a isso.

Outra questão que deveria ser abordada é sobre a sua estrutura, nas questões de hibridização e alotropia, pois o Grafeno pode ser trabalhado em ambos os conteúdos. Os conteúdos acima citados são conteúdos que conforme os PCNs, devem ser abordados com os alunos, desta maneira o Grafeno poderia trabalhar e

dar uma introdução sobre eles, demonstrando que o conhecimento não é algo dividido em tópicos, mas que se complementam e podem ser abordados de uma forma que contemplem uma área de pesquisa maior.

Em um contexto geral, as aplicações do Grafeno, possui um dos maiores eixos a serem trabalhados, dentre eles: a condução elétrica em temperatura ambiente, devido a elevada mobilidade dos elétrons; a translucidez por possuir apenas um átomo de espessura; e assim como o grafeno pode ser utilizado como fixador de nanopartículas metálicas e semicondutoras como o ouro, platina, óxido de zinco e dióxido de titânio.

## **5 CONCLUSÕES**

No presente trabalho foram realizadas as análises dos livros didáticos, foram fornecidas pelos colégios da região sudoeste do Paraná, 5 coleções, totalizando 15 livros analisados, livros estes, aprovados pelo MEC, e que foram utilizados pelos colégios, ou ainda estão sendo utilizados, já que suas datas estão entre 2012 e 2020.

Para este estudo, utilizou-se da metodologia de análise de conteúdo segundo Laurence Bardin. Usou-se esta metodologia como base para que pudéssemos categorizar, de uma maneira que o trabalho tivesse uma visão clara e objetiva, do caminho que deveria ser mostrado.

A partir das análises foram observadas que em apenas um dos livros didáticos apresentados, assuntos das nanoestruturas de carbono foi brevemente contextualizado. O assunto refere-se a nanotubos de carbono, restringindo sua abordagem a um breve texto e uma imagem.

Conforme realizada uma classificação, o conteúdo apresentado sobre nanotubos de carbono, foi considerado como insatisfatório, pois apresentou uma informação muito básica sobre a nanoestrutura, assim como a imagem, não tem como o aluno identificar que a mesma era de um nanotubo de carbono, a imagem confunde, mesmo quem já tem um conhecimento prévio sobre o assunto.

Mesmo com toda a importância que estas estruturas tem junto aos avanços tecnológicos, na área da saúde, da química, biologia, e que nos PCNs de química o conteúdo apresentado deve ser abordado nos livros, isso não vem ocorrendo como se deveria.

As nanoestruturas trabalhadas aqui, possuem um grande potencial de interdisciplinaridade, conseguimos trabalhar sobre diversas áreas do ensino, auxiliando na aprendizagem do aluno, e conseguindo trabalhar e correlacionar com vivências de seu dia a dia.

Dentro da própria química podemos abordar conteúdos, que a princípio não são trabalhados juntos, como se o conteúdo que aprendemos fosse fragmentado, e não um processo de construção contínua. Questões como alotropia, aromaticidade, hibridização, tipos de ligações, comprimento de ligações e visões tridimensionais podem facilmente ser introduzidos a partir das nanoestruturas de carbono, realizando assim uma relação entre os, importante para a aprendizagem e para a construção do aluno com um senso crítico com aquilo que lhe é ensinado.

Desta forma, nota-se que se trabalhar estes assuntos nos livros didáticos, é importante, para mostrar que a química e as outras áreas, estão em constante mutação, e que a construção de conhecimento é algo que é feito a todo momento e de forma interdisciplinar. A sua importância junto as questões de saúde, como a terapia fotodinâmica, na física as questões que condução elétrica e térmica, nas questões tecnológicas transmissão de dados, mostram que a realidade em que estamos vivendo, possui um significado recente, e que a sua informação é de grande importância, para com o conhecimento destes alunos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, M.; BOELTER A. R. **Paleontologia Nos Livros Didáticos De Biologia Do Ensino Médio**. Revista da SBEnBio - Número 9, 2016.

ANTUNES M. T. **Ser protagonista: Química, 1º ano: ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

ANTUNES M. T. **Ser protagonista: Química, 2º ano: ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

ANTUNES M. T. **Ser protagonista: Química, 3º ano: ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

AZEVEDO, C.R.F., **Breve História da Metalografia**. São Paulo: ABM Metalurgica & Materiais, 2007, 573.

BANERJEE, S.; HEMRAJ-BENNY, T.; WONG, S.S.. **Advanced Materials** 17-29, 2005.

BARDIN, Laurence (1977). **Análise de conteúdo** (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trans.). Lisboa: Edições 70. 2006.

BASTOS R. M. P. B. **Nanotecnologia: Uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Coordenação de Curso de Engenharia de Produção. Juiz de Fora, 2006.

BRASIL, 2018. **Plano Nacional do Livro didático**, disponível em <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>> Acesso em 16 de novembro de 2018.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. **Explorando A Motivação Para Estudar Química**. Química Nova, Vol23 n°2, 1999.

DURAN, N.; MATTOSO, L.H.C. e MORAIS, P.C. **Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 1ª ed, Vol 1, São Paulo. Editora Ática, 2013.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 1ª ed, Vol 2, São Paulo. Editora Ática, 2013.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 1ª ed, Vol 3, São Paulo. Editora Ática, 2013.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 2ª ed, Vol 1, São Paulo. Editora Ática, 2016.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 2ª ed, Vol 2, São Paulo. Editora Ática, 2016.

FONSECA, M. R. M. **Química: Ensino Médio**. 2ª ed, Vol 3, São Paulo. Editora Ática, 2016..

HERBST, M. H.; MACÊDO, M. I. F.; ROCCO, A. M.. **Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar**. Química Nova, Vol. 27, N° 6, 986-992, 2004.

MACHADO, I. R. L.; MENDES, M. F.; ALVES, G. E. S.; FALEIROS, R. R.. **Nanotubos de carbono: potencial de uso em medicina veterinária**. Cienc. Rural vol.44 no.10 Santa Maria Oct. 2014.

MARTINEZ, L. M. P.; TORRES, S. M.; GOMES, H. T.; SILVA, A. M. T.. **Nanotubos e grafeno: os primos mais jovens na família do carbono**. Química 128 - jan/mar 2013.

Nair, R.R. P. Blake, A.N. Grigorenko, K.S. Novoselov, T.J. Booth, T. Stauber, N.M.R. Peres, A.K. Geim, Science 320 (2008) 1308-1308.

NASCIMENTO, Rafaella Oliveira do. **SINGLE WALL CARBON NANOTUBES (SWCNT) FUNCTIONALIZATION WITH CALCOGENES: PREPARATION OF CARBON-SELENIUM AND THIOLNANOTUBES**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Nanomateriais) - Universidade Franciscana, Santa Maria, 2008.

NUNES, M. R., **Desenvolvimento de materiais híbridos a base de sílica contendo o grupo orgânico iônico 1, 4-diazoniabicyclo [2.2. 2] octano e nanopartículas de ouro e paládio**. 2012.

OLIVEIRA, Nilton Cláudio de. **Deposição de filmes de óxido de grafeno mediada por íons de metais de transição**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2017.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4ª ed, Vol 1. São Paulo: Editora Moderna, 2006.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4ª ed, Vol 2. São Paulo: Editora Moderna, 2006.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4ª ed, Vol 3. São Paulo: Editora Moderna, 2006.

PRESTES, Roseléia Ferreira. **O uso de textos informativos no ensino de ciências**. Dissertação Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Faculdade de Física, PUCRS, 2009.

ROCHA-FILHO, Romeu C. **Os Fullerenos e sua espantosa geometria molecular**. Química Nova na Escola; Vol. 4, novembro 1996.

SANTOS W. L. P.; MOL G. S. **Química Cidadã: Ensino Médio: 1ªSérie**, 2ª ed, Vol 1. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS W. L. P.; MOL G. S. **Química Cidadã: Ensino Médio: 2ªSérie**, 2ª ed, Vol 2. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SANTOS W. L. P.; MOL G. S. **Química Cidadã: Ensino Médio: 3ªSérie**, 2ª ed, Vol 3. São Paulo: Editora AJS, 2013.

SILVA, S.L.A.; Viana, M.M.; MOHALLEM, N.D.S. **Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio**; Química Nova na Escola; Vol. 31, N° 3, agosto 2009.

SILVEIRA, J. F. R. V.. **Estudo de propriedades mecânicas de novas nanoestruturas de carbono através de simulação molecular**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

STAKE, E Robert. **Pesquisa Qualitativa estudando como as coisas funcionam**. ARTMED® EDITORA S.A. Porto Alegre RS, 2011.

SOARES, L. C., **Síntese de Fullerenos Seleno Triazóis: Um Potencial Fotossensibilizador para Terapia Fotodinâmica**. Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Química, Área de Concentração em Química Orgânica. UFSM, 2014.