



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA-PI
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

EWERTON NASCIMENTO SILVA

GRAFENO NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO
DE NANOMATERIAIS UTILIZANDO MODELOS 3D

PARNAÍBA-PI

2023

EWERTON NASCIMENTO SILVA

**GRAFENO NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO
DE NANOMATERIAIS UTILIZANDO MODELOS 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência para obtenção do diploma
do Curso de Licenciatura Plena em Física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.
Campus Parnaíba-PI.

Orientador: Me. Gelson Luiz Clemente Rodrigues

PARNAÍBA-PI

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Ewerton Nascimento

S586g Grafeno no ensino médio: uma proposta didática para o ensino de nanomateriais utilizando modelo 3D / Ewerton Nascimento Silva. — 2023. 42 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2023.

Orientador: Prof. Me. Gelson Luiz Clemente Rodrigues.

1. Física. 2. Grafeno. 3. Tecnologia. I. Título.

CDD – 530

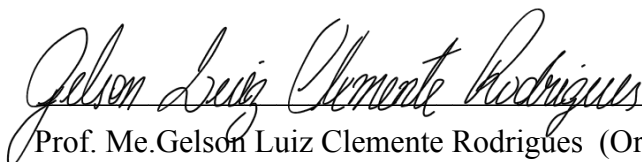
Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

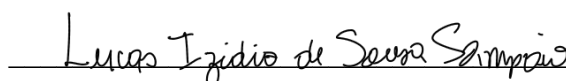
GRAFENO NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE NANOMATERIAIS UTILIZANDO MODELOS 3D.

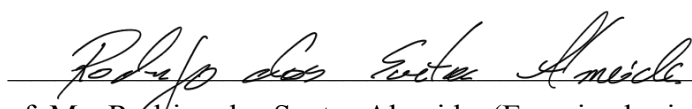
EWERTON NASCIMENTO SILVA

Aprovado em 07/02/2023

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao Curso de Licenciatura em Física do IFPI/*Campus* Parnaíba, aprovado pela Banca Examinadora:


Prof. Me. Gelson Luiz Clemente Rodrigues (Orientador)
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI


Prof. Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio (Examinador interno - IFPI)
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI


Prof. Me. Rodrigo dos Santos Almeida (Examinador interno - IFPI)
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI

Parnaíba PI

2023

Dedico este trabalho à minha família especificamente a meu pai, o senhor José Eudes Souza Silva e à minha mãe Adelaide Carvalho do Nascimento. Ambos nunca desistiram de mim, sempre me apoiaram, confiaram e me motivaram a terminar este curso. Aos meus pais meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivenciando a tão sonhada defesa do meu TCC, a todos os meus amigos que de forma direta e / ou indireta também contribuíram para o término deste trabalho. A todos os meus professores do curso de Licenciatura Plena em Física que nunca tiveram dúvidas quanto a conclusão do meu curso, assim como também agradeço ao meu professor orientador Me. Gelson Luiz Clemente Rodrigues, que sempre esteve motivando meu percurso.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa parece vitoriosa.”

Albert Einstein

RESUMO

O grafeno é um alótropo de carbono que é considerado um bloco de construção básico para as nanoestruturas de carbono, figurando entre os elementos mais revolucionários para o avanço da tecnologia e inovações nos últimos anos. Este trabalho possui como objetivo geral analisar o domínio tecnológico do grafeno, consta com objetivos específicos que são destacar as características de inovações com a aplicação do grafeno; apresentar as variações da composição estrutural do grafeno e abordar a contribuição do grafeno para a tecnologia atual. No que diz respeito à metodologia presente, foram utilizados tanto os resultados obtidos através de experimentos com grafeno, quanto métodos bibliográficos, ou seja, dados de pesquisadores para a fundamentação. Portanto, esta pesquisa é composta por coletas de dados obtidos através da prática em sala de aula, assim como também é composta por autores como Bastos (2006), Cesarino (2011), Ferreira (2008), Gonçalves (2014).

Palavras-Chave: Grafeno. Tecnologia. Variações. Estruturas.

ABSTRACT

Graphene is an allotrope of carbon that is considered a basic building block for carbon nanostructures, ranking among the most revolutionary elements for the advancement of technology and innovations in recent years. This work has the general objective of analyzing the technological domain of graphene, with specific objectives that are to highlight the characteristics of innovations with the application of graphene; present variations in the structural composition of graphene and address the contribution of graphene to current technology. With regard to the present methodology, both the results obtained through experiments with graphene and bibliographic methods were used, that is, data from researchers for the foundation. Therefore, this research is composed of data collected through practice in the classroom, as well as by authors such as Bastos (2006), Cesarino (2011), Ferreira (2008), Gonçalves (2014).

Keywords: Graphene. Technology. Variations. Structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do grafeno.....	15
Figura 2: Representação da configuração eletrônica de valência do carbono e das suas ligações atômicas para hibridização do tipo: sp ; sp^2 ; sp^3	17
Figura 3: Estrutura de bandas eletrônicas e densidade de estado total para defeito <i>Stone – Wales</i>	21
Figura 4: Estrutura de bandas de puro grafeno	22
Figura 5: Estruturas de bandas eletrônicas e densidade de estados total (TDOS) do grafeno	22
Figura 6: Defeitos estáveis na variação estrutural do grafeno.....	23

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.1	DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GRAFENO.....	14
1.1.1	Grafeno: Estruturas e Aplicações	19
1.1.2	Propriedades eletrônicas do Grafeno	21
1.2	FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: NANOMATERIAIS.....	26
1.2.1	Evolução histórica dos nanomateriais	27
1.2.2	Um breve histórico sobre a impressão 3d	28
2	METODOLOGIA	30
2.1	TIPOS DE PESQUISA	30
2.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	31
2.3	CAMPO DE PESQUISA E PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS PARA ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	32
3	ANÁLISE DE DADOS	34
3.1	ANÁLISE DE DADOS SOBRE O ENSINO DE GRAFENO	34
	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	39
	APÊNDICE A – IMAGENS DA AULA PRÁTICA	42

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos tiveram seu início com a descoberta do elétron em 1897, entretanto, é válido ressaltar que as propriedades da corrente elétrica já eram estudadas por grandes cientistas como Thomas Edison, que inventou a lâmpada em 1879 (MAGON, 2019). Cotidianamente o mundo globalizado faz uso de equipamentos eletrônicos, sejam eles mais simples como as calculadoras, sejam eles mais sofisticados como as últimas gerações de celulares e computadores. Mas como ocorre o processo de criação desses equipamentos? Como se dá seu funcionamento?

Para que haja compreensão mais aprofundada da utilização desses equipamentos é necessário adquirir alguns conhecimentos sobre eletrônica, tais como a utilização de elementos químicos com silício e carbono, além da compreensão das ligações químicas e das estruturas atômicas, entre outros, pois todos esses eventos físicos estão presentes nas máquinas que usamos no dia a dia. No entanto, tais conceitos não são estudados a fundo no ensino fundamental e médio e por consequência disso, seu uso segue compreendido superficialmente.

A partir do ano de 2010, as pesquisas científicas relacionadas ao carbono e suas variadas estruturas vêm aumentando gradativamente e têm recebido destaque mundial, principalmente nos campos da tecnologia e da ciência, bem como na engenharia. Entre as várias estruturas obtidas a partir do carbono, o Grafeno que é nosso principal objeto de estudo tem sido considerado o material mais estratégico para uso em diferentes aplicações tecnológicas em razão das suas propriedades únicas.

No âmbito educacional estudamos disciplinas e áreas afins que nos aproximam mais dos materiais sólidos e microscópicos como a ciência dos materiais e a química analítica bem como a física moderna e contemporânea, elencando assim conceitos, mapas mentais e estudos tanto quantitativos como qualitativos de estruturas metálicas e carbônicas como o grafeno que é derivado do grafite.

Desde que o homem se utiliza da razão para resolver seus problemas, ele explora os recursos naturais e os transforma conforme sua necessidade. Primeiramente ele se utilizou de materiais in natura, mas com o tempo necessitou de materiais com propriedades cada vez mais específicas. Essa busca pelo controle de matéria levou ao desenvolvimento da nanociência que se estendeu para a nanotecnologia.

Nos últimos anos a nanociência e a nanotecnologia vêm se tornando cada vez mais frequentes nos meios de comunicação, seja em meio eletrônico, digital, em periódicos ou

mesmo em revistas e jornais populares, isso porque elas atraem muito interesse nos meios científicos, industriais e financeiros.

Atualmente os investimentos dos governos, principalmente em países desenvolvidos, são colossais, e em diversas áreas do conhecimento como a medicina, a química, a física, a engenharia e a informática. Existe uma clara distinção entre os termos nanociência e nanotecnologia, porém o termo nanotecnologia parece ser mais usado no cotidiano, e, muitas vezes, de forma equivocada.

A nanociência é de forma simples, o estudo de princípios fundamentais de moléculas e estruturas de dimensão ao menos entre um e cem nanômetros (RARTNER, 2002). Ou, em outras palavras, dimensões inferiores a um micrão. Entretanto, essa ideia não é tão nova assim, foi Richard Feynman, que durante a conferência “Há muito espaço lá embaixo” em 29 de setembro de 1959, na Califórnia, quem falou sobre o problema de se manipular e controlar coisas em escalas extremamente pequenas, inaugurando e antecipando essa revolução tecnológica.

Ele concluiu que se pudéssemos ter algum controle sobre o arranjo das coisas em pequena escala, seria possível gerar uma variedade muito maior de propriedades que as substâncias podem ter (MARQUES, 2005). A nanotecnologia é um termo recente que se refere ao controle da matéria em escalas extremamente diminutas (nanométricas). De acordo com Busham (2004) este não é um campo inteiramente novo, na natureza existem muitos objetos e processos que funcionam de micro para a nano escala, e o entendimento dessas funções pode guiar-nos imitando e produzindo nanomateriais e nanodispositivos, como por exemplo o grafeno.

Em suma, essa pesquisa visa destacar a importância do Grafeno nas inovações tecnológicas e seu domínio na composição física e química pela inovação na indústria de eletrônicos, assim como ressaltar a importância das variações estruturais do grafeno, destacando as tendências no desenvolvimento da tecnologia de sua aplicação, como tendências de inovação atual e futuras para a sociedade.

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo específico mostrar para os alunos do ensino médio um pouco sobre esse nanomaterial, tornando compreensível sua importância e relevância na sociedade bem como sua função no mercado de trabalho, por se tratar de um assunto que não é abordado a fundo no ensino médio. Em vista disso, este estudo traz consigo a metodologia ativa da pesquisa de campo, aonde os alunos puderam aprender fora da sala de

aula, ou seja, por intermédio da atividade prática utilizando nanomateriais com foco no grafeno no ensino médio.

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar o domínio tecnológico do grafeno, já os objetivos específicos são respectivamente destacar as características de inovações com a aplicação do grafeno; apresentar as variações da composição estrutural do grafeno; além de abordar a importância que o grafeno contribui para a tecnologia atual para a sociedade.

Este trabalho divide-se em três capítulos. No primeiro deles trataremos da Fundamentação Teórica, ou seja, nesse capítulo serão abordados estudos aprofundados sobre o grafeno e suas propriedades. Já o segundo capítulo corresponde a apresentação da Metodologia utilizada para a construção desta pesquisa, por fim, o terceiro capítulo constará com os resultados obtidos após aplicação e análise deste estudo.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O grafeno é o nanomaterial que revolucionou a indústria tecnológica, devido às suas funções importantes e extraordinárias, além de substituir materiais com mais eficiência na condução elétrica e térmica. Neste capítulo trataremos do conteúdo teórico desta monografia, contemplando a princípio a definição e caracterização do grafeno. Em seguida, ampliaremos o conhecimento sobre as variações estruturais do grafeno e por conseguinte, trataremos da sua funcionalização.

1.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GRAFENO

O grafeno é um componente que possui resistência química à oxidação e à temperatura, como a baixa densidade, eles apresentam resistência mecânica devido à ligação (C-C) em estruturas gráficas, de flexibilidade e de resistência a ruptura, dentre outros fatores determinantes (CESARINO, 2011). O grafeno é tão revolucionário que Físicos americanos fabricaram, à base de grafeno, um transistor, que foi considerado o mais rápido do mundo, cuja frequência de corte é de 100 GHz. O dispositivo ainda pode ser miniaturizado e otimizado, de modo que poderá, em breve, superar os dispositivos convencionais feitos à base de silício

O grafeno consiste de uma folha de carbono com apenas um átomo de espessura e tem se mostrado altamente potencial para uso em dispositivos eletrônicos, dado que os elétrons podem se mover através dela a velocidades extremamente altas. Isso ocorre porque eles se comportam como partículas relativísticas sem massa de repouso. Portanto, o conjunto de propriedades do grafeno contribui na utilização de revestimento de polímeros, ou de estocagem de energia, eletrônica e catálise, assim como nas propriedades biomédicas. O grafeno é uma matéria-prima de alto custo, na qual verificou-se que o alto valor está agregado, principalmente a complexidade nos métodos de obtenção dessa substância (ARAIA, 2012).

O Grafeno é um alótropo do carbono, ou seja, é um representante dos nanomateriais que consiste no arranjo bidimensional com a estrutura monoatômica, formado por hexágonos de átomos de carbono com hibridização sp^2 , cujo empilhamento origina na estrutura do grafite (PIERRO, 2013)

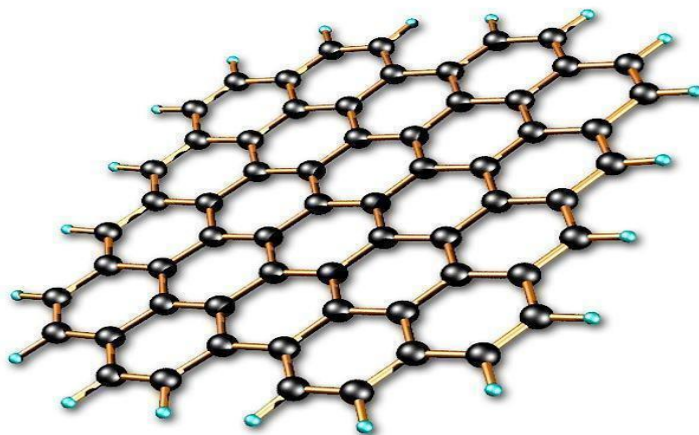
O Grafeno foi pela primeira vez caracterizado e isolado em 2004 diante de sucessivas etapas de descasques de um pedaço de grafite com o auxílio de uma fita adesiva, que posteriormente conferiu o título ao Nobel de física aos seus inventores no ano de 2010. Essa descoberta possibilitou uma ampla variedade de aplicações práticas, na criação de materiais e na fabricação de eletrônicos inovadores para a atualidade.

Diante da descoberta, foi possível com a utilização do Grafeno a produção de telas transparentes sensíveis ao toque, painéis de luz, células solares, transistores e condutores de eletricidade mais resistentes ao calor e mecanismos mais robustos (NOBEL PRIZE, 2019b). A aplicação do Grafeno está nos materiais compósitos (formado pela combinação de dois ou mais diferentes materiais), principalmente com os polímeros (LIMA, QUINTELA, RODRIGUES, 2019).

O Grafeno é nanomaterial que é constituído de monoatômica de carbono, organizado em células hexagonais, hibridizados na forma de sp^2 , gerando elétrons livres por átomo de carbono no orbital p , tornando-o um material excepcional em várias aplicações, sendo considerado um ótimo condutor elétrico em comparação ao silício, além do ser um condutor térmico melhor do que o cobre (VILAR, 2015)

Assim sua forma é definida abaixo na ilustração:

Figura 1: Estrutura do grafeno



Fonte: Segundo; Vilar (2015).

O Grafeno foi isolado em 2004 em pequenos pedaços por meio do processo de esfoliação mecânica, a partir do grafite, que logo após comprovaram que tratava uma única

camada de carbono, na sua caracterização, comprovando que se tratava de uma única camada de carbono. Assim como estabelece Zarkin; Oliveira:

Esse nanomaterial também é considerado 200 vezes mais forte que o aço, devido à sua característica peculiar, força essa ocasionada por estiramento das ligações Carbono-Carbono, pois “a ligação Csp² - Csp² é a mais forte existente na natureza, o que confere uma resistência extremamente elevada”. Além disso, o grafeno é o alótropo do carbono, considerado o material “mãe” para a construção de nanoestruturas de carbono, com exceção do diamante. Como pode ser visualizado, o Grafeno é um material tecnológico díspar, apresenta uma espetacular condutividade térmica e elétrica, assim como uma fantástica resistência (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013, p. 1534).

O Grafeno apresenta alta instabilidade mecânica e é facilmente suscetível a deformações de sua forma plana, por uma estrutura amorfa, se enrolando e clusterizando, pois os cientistas inicialmente pensavam que não seria possível isolar uma camada de grafeno experimentalmente, e foi visto com os avanços dos estudos. As propriedades peculiares do grafeno apresentam formas únicas, o que faz interessante para os estudos na área da física de partículas elementares (SMANIOTTO, 2012).

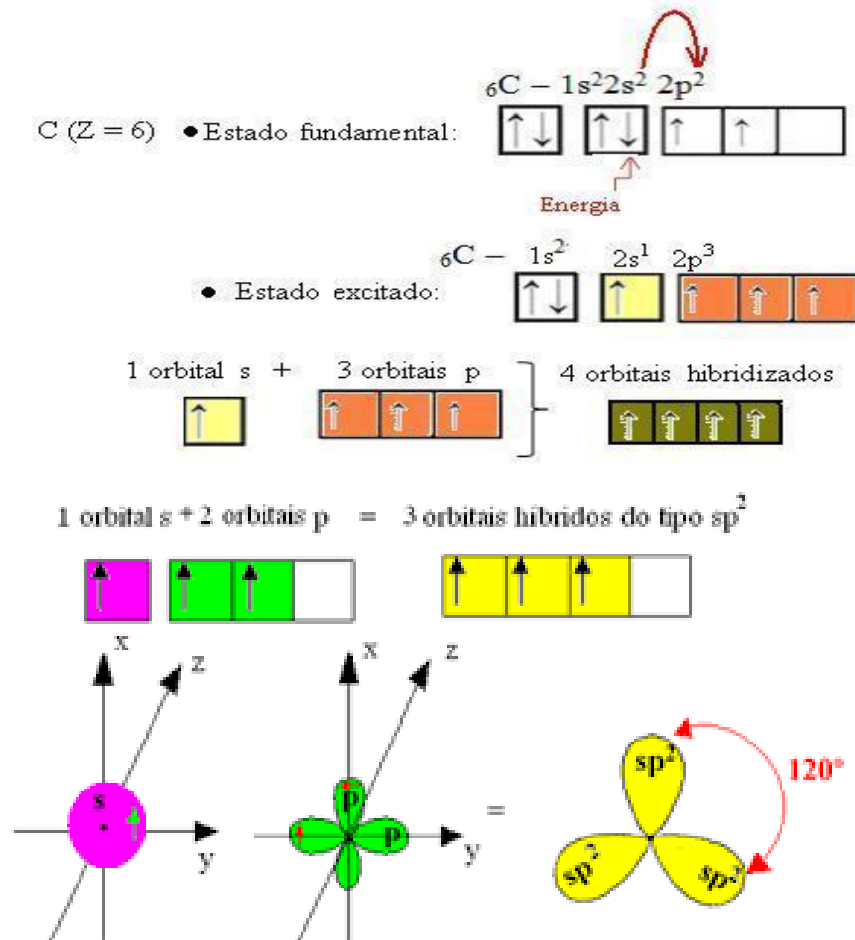
Nos planos de grafeno, os elétrons se movimentam a velocidades extremamente altas, na qual se aproximando da velocidade da luz, podendo executar movimentos balísticos ao longo de distâncias muito extensas, ou seja, os elétrons podem percorrer grandes distâncias no grafeno sem sofrerem nenhum evento de espalhamento com outros elétrons (LIMA, 2012).

A velocidade eletrônica é independente da energia, pois os elétrons se movimentam como se fossem ondas de luz; acometem na forma que eles se comportam chamados de *férmions de Dirac* em massa (JESUS; FREIRE; GUIMARÃES, 2012). Essa propriedade de transporte de elétrons foi comprovada através de experimentos realizados pelo efeito Hall Quântico realizado pela *Manchest University*, na Inglaterra e na *Columbia University* dos EUA. Em suma, o grafeno apresenta maior resistência mecânica entre materiais e uma grande condutividade térmica superior ao diamante (LIMA; QUINTELA; RODRIGUES, 2019)

Para a composição da estrutura atômica do grafeno é importante entender o tipo de hibridização eletrônico existente nesse material, pois a configuração eletrônica se baseia nos tipos de ligações realizadas entre átomos de carbono. Essa configuração dos elétrons num átomo de carbono isolado, no seu estado fundamental, é constituída pelo $1s^2 2s^2 2p^2$. Todavia, quando um átomo está no seu estado aumentado de elétrons da camada $2s^2$ absorve energia sendo promovido para uma das orbitais vazias (MARION; HASAN, 2016).

Assim conforme estudos realizados por Lima (2012) a teoria dos orbitais, com as ligações químicas, ou interatômicas, somente são efetuadas através de orbitais atômicos semi preenchidos ou incompletos, as quais se interpenetram com os orbitais dos átomos vizinhos, resultando moléculas do tipo (*sigma*) e (*pi*). Pelo estudo, uma ligação do tipo sigma é constituída pela interpenetração frontal de orbitais (mesmo eixo) como uma ligação forte e difícil de ser rompida. Em contrapartida, a ligação do tipo (*pi*) é formada através da aproximação lateral entre os eixos paralelos, se tornando mais fraca com maior facilidade de rompimento, somente ocorre entre orbitais do tipo *p*. Assim representado pela figura abaixo:

Figura 2: Representação da configuração eletrônica de valência do carbono e das suas ligações atômicas para hibridização do tipo: sp ; sp^2 ; sp^3 .



Fonte: Lima (2012)

A nanociência está associada com a investigação das propriedades fundamentais de sistemas físicos em escalas nanométricas, já a nanotecnologia visa métodos artificiais de manipulação que, nessas escalas, são em potenciais aplicações (BASTOS, 2006). A

complementaridade do mundo nanométrico, baseia-se no sucesso da nanotecnologia estando associada a tecnologia, na qual permite manipular átomos e moléculas individualmente a organizá-las como forma de criar sistemas (MILCZEVSKY, 2012).

Os grandes desafios da tecnologia são incorporar as soluções dentro do contexto da indústria de microeletrônica mundial. A tecnologia dos dispositivos a base de silício se desenvolveu na forma exponencial nos últimos 50 anos. Entretanto, nos últimos anos, a tecnologia do silício vem enfrentando grandes desafios no seu desenvolvimento devido aos novos dispositivos menores e mais rápido (BARBOSA, 2014).

Assim, há a discussão na substituição de uma tecnologia por outra, no contexto industrial, ainda parecendo economicamente viável e com questões de escalabilidade na construção de novos dispositivos com circuitos integrados.

Os dispositivos a base de grafeno parece ser uma das soluções viáveis para a construção de uma nova geração de nanodispositivos eletrônicos, isso se observa pelas surpreendentes propriedades elétricas e eletrônicas, descritas detalhadamente com a alta capacidade de condução de corrente elétrica, a sua excelência na condutividade térmica e com baixa tensão de operação (LIMA; QUINTELA; RODRIGUES, 2019).

A caracterização do grafeno é uma folha de carbono de apenas um átomo de espessura, com estrutura hexagonal, similar a dos “favos de mel”, de uma colmeia, na qual foi utilizado na construção do transistor, mais rápido, menor, e na construção do transistor mais fino do mundo, com comprimento de dez átomos de carbono (1nm), com espessura de apenas um átomo de carbono (LIMA, 2012).

A aplicação do grafeno em dispositivos emissores de luz caracteriza-se pelo LED orgânico, comi conhecido como OLED, já está sendo fabricado em escala comercial, é um dos dispositivos que consistem uma camada contendo emissores de luz (moléculas orgânicas de polímeros) colocada entre dois eletrodos, um dos quais deve ser transparente, para que a luz não seja atenuada (PIERRO, 2013).

Em linhas gerais, De acordo com Marion; Hasan (2016) os circuitos eletrônicos do futuro, podem ser criados a partir de uma única folha de grafeno. Esses circuitos poderiam incluir pontos quânticos, barreiras semitransparentes para controlar o movimento de elétrons individuais, interconexões e portas lógicas, tudo constituído pelo grafeno. Com isso significa novos dispositivos eletrônicos, substituindo a tecnologia do silício por uma tecnologia de carbono.

1.1.1 Grafeno: Estruturas e Aplicações

A estrutura cristalina do grafeno, é uma forma alotrópica do carbono, é uma folha constituída por átomos de carbono com hibridização do tipo sp^2 em uma estrutura hexagonal plana bidimensional (2D). Pode ser considerado como bloco fundamental de construção de todos os materiais grafíticos (SMANIOTTO, 2015). Os orbitais híbridos do tipo sp^2 formam as ligações do tipo sigma no plano da folha do grafeno, enquanto que os orbitais $2p^2$ formam ligações do tipo (π) que são paralelas ao plano atômico do grafeno sobre a superfície de planar do grafeno (pierrô, 2013).

A estrutura eletrônica do grafeno é desenhada pelo modelo de *Tight-Binding*, considerando apenas elétrons do tipo (π). Dessa forma é possível descrever que os estados eletrônicos próximo ao nível de Fermi, o nível é bastante ocupado de mais alta energia (GONÇALVES, 2014). Assim, o grafeno promete ser um sistema com propriedades eletrônicas mais controláveis que os nanotubos de carbono, e muitos projetam que uma eletrônica baseada no carbono poderá ser implementada utilizando-se de grafeno

A funcionalização do grafeno é um dos procedimentos de manipulação das propriedades físicas e químicas de nano-elementos para a obtenção de determinados comportamentos (LIMA, 2012). Assim permite estudar os mecanismos de interação desses nano-elementos com outros nanosistemas. O grafeno foi usado por teóricos como modelo simplificado para descrever as propriedades de nanotubos, assim depois da descoberta do grafeno e suas propriedades eletrônicas extraordinárias, a funcionalização química do grafeno se tornou foco de grande interesse para a físico-químico (JESUS; FREIRE, GUIMARÃES, 2012).

É interesse destacar segundo Gonçalves et al (2014) que as propriedades que o grafeno desenvolvem nas pesquisas, a possibilidade de modificar as propriedades através da abertura de um *gap* de energia de uma monocamada ou bicamada de grafeno; visa de um potencial de uso para o armazenamento de hidrogênio; potencial em uso de síncronica através do magnetismo de nanofitas de grafeno; métodos de produção de grafeno a baixo custo por redução química de óxido de grafite e manipulação das suas propriedade eletrônicas e mecânicas; além da oxidação e quebra de ligações no grafeno como ferramenta para criar nanoestruturas de grafeno com determinadas formas.

A funcionalização do grafeno ocorre ao inserir ou substituir átomos e/ou moléculas específicas na superfície de determinada estrutura, ao modo que

possam executar alguma função física ou química bem definida. A exemplo é a adição de átomos de hidrogênio à sua superfície (hidrogenação), além de impurezas como o boro e nitrogênio, efeitos e vacâncias (a funcionalização ocorre com a subtração de átomos) (LIMA, QUINTELA; RODRIGUES, 2019).

O grafeno funcionalizado pode apresentar propriedades eletrônicas e mecânicas substancialmente diferentes daqueles não funcionalizados. Portanto, é de extrema importância o entendimento teórico das propriedades físicas e químicas do grafeno resultante das funcionalizações (ARAIA, 2012).

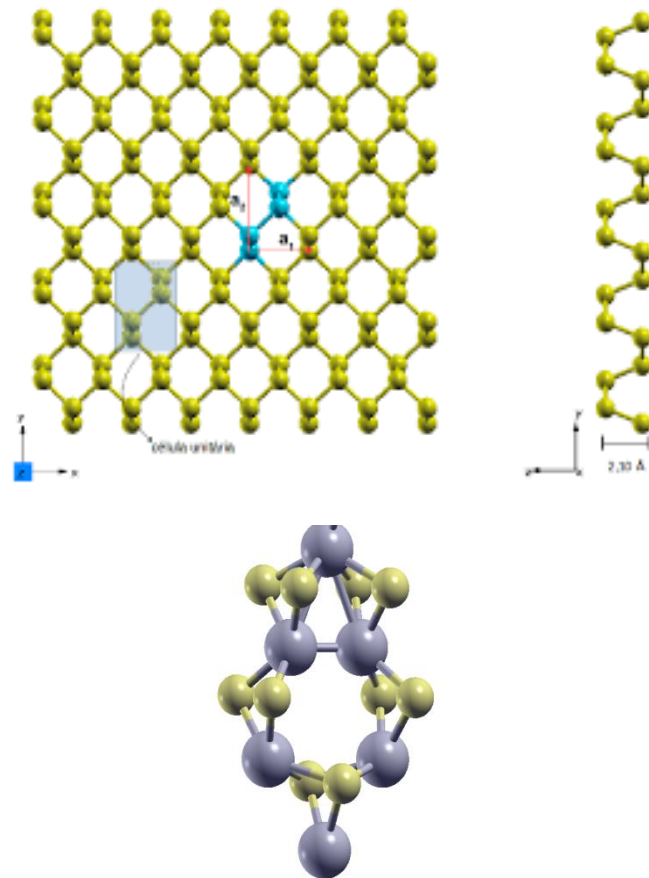
Todavia, de acordo com Smaniotto (2015) existem dois tipos principais de funcionalização, uma de camada de covalente, com a formação de ligações de natureza covalente, e a outra não covalente, onde forças de Van der Waals estão associadas. Nas investigações teóricas, trabalha a funcionalização covalente, uma vez que muitos códigos usados baseados na DFT, não permitem tirar as interações de Van der Waals de forma apropriada. Assim a funcionalização química do grafeno pode ainda estar relacionada às ligações químicas iônicas.

Com a hidrogenação do Grafeno as modificações na estrutura eletrônica do grafeno perfeito e do grafeno com defeito do tipo Stone - Wales, provocados pela adsorção de um átomo de hidrogênio, com a investigação foram discutidos recentemente, com relação do magnetismo com a quimissorção de hidrogênio para o Grafeno perfeito e para os dois tipos de defeitos: Mono Vacância e átomos de carbono entre as camadas do grafite (PIERRO, 2013). O grafeno foi também estudado para modelar a hidrogenação de grafite.

1.1.2 Propriedades eletrônicas do grafeno

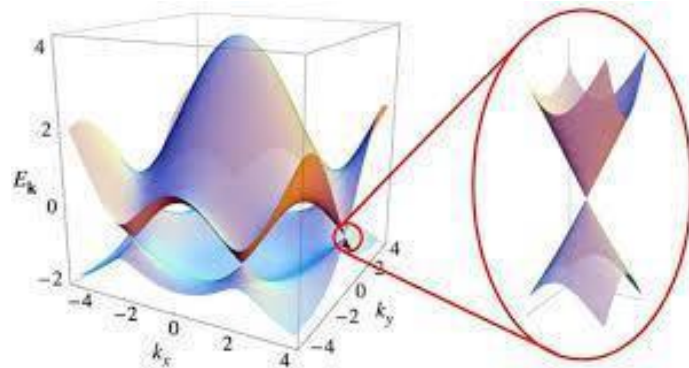
Para Smaniotto (2015) as propriedades eletrônicas do grafeno baseadas nas estruturas de banda de densidade constituem-se nos defeitos estruturais que afetam significativamente as propriedades eletrônicas do grafeno, o que determina essas propriedades, e a sobreposição de orbitais p_z . Entretanto, um dos motivos das ligações são comprimentos nos campos de tensão dos defeitos diferentes daqueles na rede perfeita do grafeno. Assim evidenciado na figura abaixo:

Figura 3: Estrutura de bandas eletrônicas e densidade de estado total para defeito *Stone - Wales*



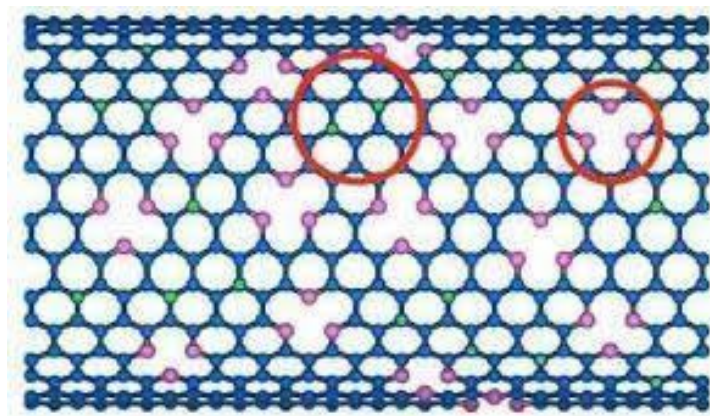
Fonte: Lima (2012).

Diante da figura verificamos que as estruturas de bandas correspondentes ao defeito de “Stone- Wales”, apresentada não houve mudanças significativas quando se comparada com bandas de puro grafeno. Em contrapartida as estruturas de bandas da vacância 585, observa-se que ao longo da direção K-T, o nível ocupado mais lato, análogo à banda de valência (BV), com condutores usuais, ao nível Fermi, que dá origem aos novos estados localizados próximos ao nível Fermi. pelo fato de estados total (TDOS) que apresenta um pico mais saliente em torno de 0,25 eV.

Figura 4: Estrutura de bandas de puro grafeno

Fonte: Lima; Quintela; Rodrigues (2019).

Assim com relação às modificações na estrutura de bandas eletrônicas, para o sistema 3BV e 3NV, foi possível notar que a estrutura de bandas eletrônicas de ambos os sistemas surgiram em bandas de cruzamento ao nível de Fermi, que afeta a densidade de estados (DOS) desses sistemas, gerando um aumento do número de estados no nível de Fermi (LIMA; QUINTELA; RODRIGUES, 2019).

Figura 5: Estruturas de bandas eletrônicas e densidade de estados total (TDOS) do grafeno

Fonte: Lima; Quintela; Rodrigues (2019).

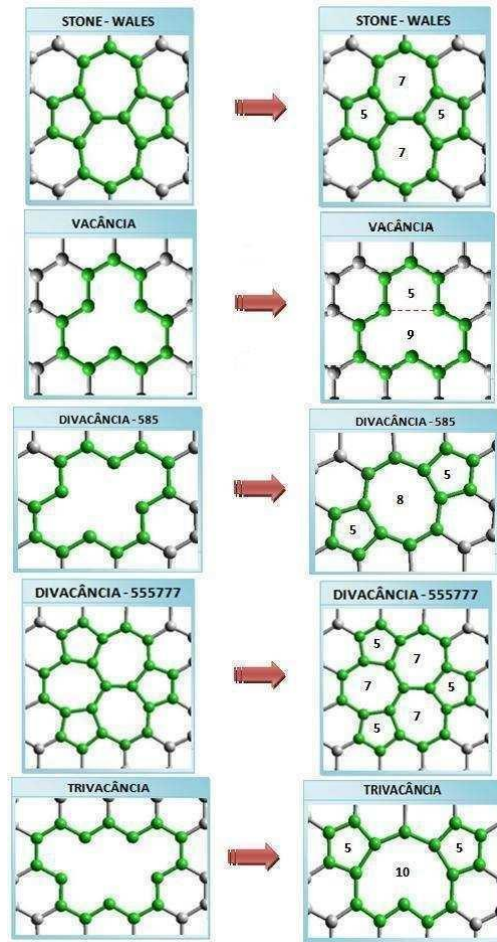
Portanto, possuem átomos de ligações pendentes substituídos por átomos de nitrogênio, na densidade de carga eletrônica que se localiza mais especificamente sobre os átomos de nitrogênio, e pelo fato de apresentarem cinco elétrons na sua camada de valência, resultando uma densidade de carga eletrônica maior sobre estes átomos (SMANIOTTO, 2015).

Assim, apresentadas uma investigação teórica sobre as mudanças produzidas nas propriedades estruturais do grafeno, percebemos que devido a presença de defeitos estruturais

e dopagens, foram defeitos intrínsecos e pontuais como, por exemplo: o Stone-Wales, a monovacância, e as divacâncias, e os átomos de Boro e Nitrogênio.

Assim representados abaixo

Figura 6: Defeitos estáveis na variação estrutural do grafeno



Fonte: Lima (2012)

Diante da estabilidade, foi possível constatar que apresentam defeitos mais estáveis para o grafeno foi o modelo Stone-Wales e a divacância, trivacância, que apresentaram as menores energias de formação entre os defeitos estruturais mencionados. Em linhas gerais, os resultados indicam que os defeitos estruturais intrínsecos quebram a simetria da rede de grafeno, produzindo anéis não-hexagonais como figura acima.

Portanto, segundo Gonçalves et al (2014) às mudanças estruturais tiveram grande influência sobre a estrutura eletrônica do grafeno, uma vez que deram origem aos estados localizados próximos ao nível de Fermi, como também resultaram na mudança da linearidade em relação à dispersão na estrutura de bandas destes sistemas.

Um dos pontos relevantes a ser observado é que a tendência para o aparecimento de magnetismo em estruturas com um número ímpar de vacâncias, se resumem ao surgimento de ligações pendentes (*dangling bonds*). O aparecimento de magnetismo se deve ao fato dessas estruturas não se constituírem totalmente, ou seja, elas apresentam ligações pendentes (JESUS; FREIRE; GUIMARÃES, 2012).

Em linhas gerais, os resultados obtidos pela investigação de Lima (2012) apontaram defeitos intrínsecos existentes no grafeno como extrínsecos, que são produzidos por métodos artificiais, com irradiação favorável aos íons ou tratamento químicos, podendo ser utilizados a produzir mudanças favoráveis na estrutura de bandas eletrônicas do grafeno para potenciais aplicações na nanoeletrônica.

Com a pesquisa elaborada por Freire; Guimarães e Jesus (2016) foram identificados no Laboratório de nanomateriais que a produção e transporte elétrico em grafeno e nanofitas de grafeno formaram-se no desenvolvimento de dispositivos para sensores de gás e de crescimento de propriedades epitaxial de grafenos para o estudo do crescimento controlado de grafeno localizados nas propriedades eletrônicas.

De acordo com Lima (2012) com a aplicação do grafeno pode ser produzido por diferentes métodos que tem variações a respeito de sua fabricação, sendo que o grafeno tem sua vantagem em aplicações eletroquímicas, devido aos seus atributos atóxicos e de propriedades condutoras, além de ambientalmente benefício (produto auto sustentável). Porém de forma crescente, a sociedade moderna depende de avanços nas comunicações sem fios, e que os sistemas sem fio é com a utilização de transistores de radiofrequência que são capazes de ampliar os sinais e fornecer ganho eletrônico em altas frequências.

Portanto, transistores à base de grafeno podem melhorar o desempenho nas aplicações de radiofrequência, devido à elevada mobilidade eletrônica observada no grafeno. Para Mrion; Hasan (2016) os resultados significativos podem ser observados tanto em frequência elevadas como em temperaturas criogênicas, de amplitude de faixa de operação em relação aos dispositivos convencionais.

A implementação vantajosa do grafeno como substrato de sensor possibilita na ampliação e detecção de uma grande variedade de analitos, incluindo numerosas moléculas biológicas, com gases e vários compostos orgânicos relacionados à detecção de aplicações eletroquímicas relacionadas à detecção de energia (BROWNSON et al, 2012).

Sendo assim, o método mais conveniente para a fabricação de sensores eletroquímicos baseados em grafeno envolve a preparação da dispersão de grafeno em

solvente com ou sem auxílio de aditivos, logo em seguida por moldagem da dispersão resultante na superfície do disco do eletrodo.

Além da simplicidade e do baixo custo desse método, os aditivos funcionais para o biossensores a base de grafeno podem trazer vantagens adicionais, como força da membrana, seletividade iônica e da atividade eletroquímica aprimoradas (FRANG; WANG, 2013). conforme os autores abaixo:

Os supercapacitores são uma classe de dispositivos eletroquímicos para armazenamento e liberação de energia rápida e reversível. Um supercapacitor de alto desempenho deve ter alta densidade de energia (1-10 Wh/kg, determinada por sua capacitância e tensão), elevada densidade de potência (103- 105 W/kg, determinada pela tensão e resistência interna) e ciclo de vida ultra longo (> 100.000 ciclos) (FRANG; WANG, 2013, p. 10).

Os supercapacitores agem como complementos perfeitos para bateria ou células a combustível, e suas cooperações são consideradas fontes de alimentação promissoras para as aplicações versáteis, como automóveis ambientalmente corretos, órgãos artificiais, e eletrônicos de alto desempenho (SUN; WU, 2011).

Devido à suas propriedades de uso do grafeno e materiais à base de carbono para fabricação de eletrodos destinados ao armazenamento de energia eletroquímica tem sido amplamente relatada, pois os eletrodos de grafeno podem aumentar cerca de 20% a 30% a capacitância de supercapacitores (PIERRO, 2013).

O fato é que o material possui elevada área superficial possibilitando uma maior capacidade de armazenamento de íons dos eletrólitos utilizados para a fabricação do dispositivo (ZANG et al, 2014).

Dessa forma, as pesquisas relacionadas ao grafeno pode promover a difusão de conhecimento técnico-científico numa área abrangente, sendo que as principais utilizações do grafeno concentram-se em sistema de geração e armazenamento de energia, e visa possibilitar a motivação das investigações a respeito do material e de novos estudos sobre sua aplicação com outra natureza.

1.2 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO – NANOMATERIAIS

Um dos principais focos da pesquisa na área de nanoeletrônica é o desenvolvimento de materiais adequados para a construção de nanodispositivos que possam operar com eficiência superar aos dispositivos da microeletrônica tradicional. Sendo um material considerado ideal para a realização dessa nanoeletrônica que pudesse exercer diferentes funções, como eletrônicas, óticas e magnéticas (GONÇALVES et al, 2014).

As propriedades únicas do grafeno permitem contemplar um vasto número de potenciais aplicações, tais como sensores químicos e dispositivos nanoeletrônicos ou sistema de armazenamento de hidrogênio. Essas propriedades se devem principalmente a sua estrutura bidimensional (MARION; HASON, 2016). Dessa forma, inúmeras investigações têm sido realizadas sobre o grafeno e as estruturas derivadas do grafeno.

Nos últimos anos, a comunidade científica internacional verificou nas pesquisas de materiais alternativas para nanodispositivos, o silício ainda permanece no centro do desenvolvimento da microeletrônica. Por isso é importante explorar ao máximo as possibilidades do silício, uma vez que todo aparato tecnológico instalado não é compatível com uma tecnologia de fabricação usando outros materiais (BARBOSA, 2014).

Como consequência criam dificuldades para uma transição tecnológica baseada em silício para uma tecnologia em outro elemento, principalmente em termos dos custos industriais, partindo desse contexto mundial, o principal objetivo dessa investigação é explorar as possíveis aplicações para a construção de nanotransistores baseados em folhas bidimensionais de silício (ARAIA, 2012).

Entretanto as estruturas do silício mostram robustas, na qual poderiam ser facilmente incorporadas em circuitos integrados à base de silício, o que poderia permitir estender a vida útil dessa tecnologia (BARBOSA, 2014).

As propriedades eletrônicas do grafeno em redes cristalinas são tratadas pelo modelo da estruturas de bandas, escaladas em nanométricas, em seu orbital de maior energia é ocupado por elétrons normalmente chamado de HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) e o orbital vazio de menor energia denominado de LUMO (*lowest unoccupied molecular orbital*), análogos, respectivamente, ao topo da banda de valência e fundo banda de condução em redes cristalinas em termos utilizados com frequência na microeletrônica (LIMA, 2012).

De acordo com Lima; Quintela; Rodrigues (2019) diversas são as propriedades do grafeno puro que são inerentes ao material e ao movimento eletrônico balístico com a

mobilidade de portadores extremamente alta ($104 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$ em temperatura ambiente) ou o efeito Hall Quântico em temperatura ambiente. Entretanto, a presença de defeitos de grafeno pode comprometer consideravelmente essas propriedades, ao introduzir centros espalhadores de portadores. A nanoengenharia de dispositivos, e a introdução de defeitos estruturais ou impurezas é usada para permitir, como em semicondutores convencionais, e alcançam certas funcionalidades desejadas.

1.2.1 Evolução histórica dos nanomateriais

Desde muito tempo e por que não dizer da criação já havia nanomateriais naturais e a mais de 4000 anos que as pessoas a utilizam sem compreenderem totalmente a ciência por detrás dos mesmos. Muitos minerais de argila contêm nanomateriais naturais e há milhares de anos que têm sido utilizados na construção, na medicina e na arte. Já a nanotecnologia é uma ciência moderna, em 1959, o físico Richard Feynman lançou as bases científicas para a revolução dos nanomateriais. Sugeriu que seria possível manipular a matéria ao nível dos átomos individuais e estabeleceu dois desafios para o mundo.

O primeiro consistia em construir um motor elétrico minúsculo, mas funcional, de apenas $1/64$ polegadas cúbicas, e o segundo era reduzir a página de um livro a uma escala de $1/25\,000$, suficiente para caber toda a Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete. Foram necessários 26 anos para que ambos os desafios fossem ultrapassados, mas esta experiência de pensamento inspirou o desenvolvimento de uma nova área científica. Desde então, houve vários avanços científicos que resultaram na publicação de inúmeros artigos científicos, muitos produtos colocados no mercado e três prêmios Nobel atribuídos a trabalhos em nanociência e nanotecnologia.

* Prêmio Nobel da Química em 1996 – a descoberta dos fulerenos, demonstrando que o carbono pode existir numa nova forma anteriormente desconhecida, tornou possível a descoberta dos nanotubos de carbono;

* Prêmio Nobel de Física de 2010 – estudos sobre o grafeno, um material com apenas uma camada atômica de espessura e que pode ser utilizado, por exemplo, em equipamentos eletrônicos flexíveis, energia e aplicações biomédicas; e

* Prêmio Nobel de Química de 2016 – desenvolvimento de máquinas moleculares que podem levar a uma maior miniaturização e desenvolvimento de novos materiais.

A evolução de qualquer ciência ou tecnologia nova implica promessas mas também riscos para a sociedade. Cabe a esta, incluindo aos cidadãos, cientistas, governos e empresas, definir qual a melhor forma de desenvolver tais tecnologias, minimizando simultaneamente os riscos tanto para nós como para o ambiente.

1.2.1 Um breve histórico sobre a impressão 3d

A história da impressão 3D data dos anos 80. E em 2021, podemos imprimir quase tudo que a mente pode imaginar e no contexto da pandemia do coronavírus, a tecnologia foi engenhosa e crucial na luta contra o vírus que se espalha rapidamente.

Hoje, a impressão 3D é uma indústria estabelecida e em constante crescimento que muda o design global, fabricação e cenário da cadeia de suprimentos como a conhecemos. Seus recursos avançados criaram e continuam a criar soluções inovadoras para quase todos os setores.

Tudo começou em 1981, quando Hideo Kodama, do Instituto Municipal de Pesquisa Industrial de Nagoya, publicou o primeiro relato de um sistema de prototipagem rápida de fotopolímero em funcionamento. Um modelo impresso sólido foi construído usando camadas diferentes, cada uma correspondendo a uma fatia transversal na estrutura. O primeiro sistema de impressão 3D: Na mesma época, em 1983, Charles Hull fez história na impressão 3D inventando a estereolitografia, que permitiu aos designers criar modelos 3D usando dados digitais. Em 1986, ele fundou a 3D Systems Corporation – a primeira empresa de impressão 3D, que lançou o primeiro sistema comercial de impressão 3D do mundo, o SLA-1 em 1987.

O SLA-1 tornou possível fabricar peças complexas, rapidamente, uma camada de cada vez. A patente de Hull para estereolitografia marcou o início do uso comercial da impressão 3D. Na verdade, muitas novas tecnologias e sistemas de manufatura aditiva geralmente foram desenvolvidos a partir do padrão Tipo de arquivo STL – nativo do software CAD de estereolitografia criado pela 3D Systems.

Sinterização seletiva a laser: Em 1988, Carl Deckard foi o pioneiro de um método alternativo de impressão 3D durante seus estudos de graduação na Universidade do Texas, chamado de Sinterização seletiva a laser (SLS). Ele usou um laser para transformar pó solto (em vez de líquido) em um sólido.

Modelagem de deposição fundida: Alguns anos depois, em 1989, e inspirado na tentativa de fazer um brinquedo para sua filha, o casal Scott e Lisa Crump, inventou e patenteou um novo método de impressão 3D chamado Modelagem de Deposição Fundida (FDM). FDM envolve um método de extrusão de fusão usado para depositar filamentos de termoplásticos de acordo com um padrão definido. Scott Crump continuou a fundar Stratasys Inc., uma das empresas de manufatura aditiva mais proeminente do mundo, hoje é líder de mercado renomada para impressoras 3D de alta precisão. Na verdade, a empresa ainda detém a patente de sua tecnologia FDM de marca registrada.

A impressão 3D torna-se mais acessível a todos: a essa altura, as barreiras de entrada de designers, fabricantes e inventores aparentemente estavam desaparecendo.

Nos últimos 5 anos nós vimos casas de impressão 3D, ossos, espaçonaves, órgãos, aviões, carros, jóias, roupas, maquiagem e em tempos mais recentes protetores faciais, testes COVID e peças do respirador.

A impressão 3D continua a demonstrar seu potencial no cenário mundial e as formas como ela se desenvolverá no futuro serão fascinantes de assistir. Olhando para o futuro, espere ver mais impressão 3D orientada por dados e maior automação na manufatura aditiva. Sem dúvida, também veremos sua implementação em ainda mais setores de maneiras ainda mais exclusivas.

2 METODOLOGIA

Neste tópico foi abordado como a metodologia foi realizada para o desenvolvimento da pesquisa. Na seção 2.1 foi descrito o tipo da pesquisa em que este trabalho se baseou. Na seção 2.2 está enunciado o campo de pesquisa, onde é destacado o campo de aplicação. Na seção 2.2.1 foi detalhado o procedimento da coleta de dados por meio de um questionário avaliativo e o processo metodológico relacionado ao produto educacional.

2.1 TIPO DE PESQUISA

O estudo que será realizado caracteriza – se como uma pesquisa qualitativa e quantitativa com caráter exploratório. Segundo Gerhardt e Silveira (2009, p.31) a “ pesquisa qualitativa preocupa- se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando – se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais”. Já Da Fonseca (2002, p.20) argumenta que a “pesquisa quantitativa se centra na objetividade, onde a mesma considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com instrumentos padronizados e neutros”. Desse modo, esta pesquisa irá trabalhar com as vertentes qualitativa e quantitativa em conjunto, pois segundo Da Fonseca (2002, p.20) “estes dois meios de pesquisa quando são realizados em conjunto, permitem recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente”.

Marconi e Lakatos (2003, p.188) argumentam que a pesquisa exploratória tem “três finalidades: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos”.

Desse modo, este trabalho terá como meio técnico de investigação o levantamento de campo, pois o mesmo proporciona uma interação direta com o público alvo da pesquisa, assim obtendo informações significativas a respeito do problema estudado. Gil (2008, p.56) afirma que o levantamento de campo proporciona “ o conhecimento direto da realidade, pois à medida que as próprias pessoas informam acerca de seu comportamento, crenças e opiniões, a investigação torna - se mais livre de interpretações calcadas no subjetivismo dos pesquisadores “.

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Diante da abordagem metodologia e seus objetivos estão elencados e divididos em exploratória, descritivo. O percurso metodológico da pesquisa aborda os estudos exploratórios que servem de parâmetro para o campo de atuação de conhecimentos específicos ao alcance da pesquisa pretendida, assim como indagar de como esta será explorada, ao modo que podemos questionar inicialmente o problema como, elaborar interpretações sobre aquele estudo em foco da pesquisa, segundo Rodrigues

Exploratória é uma pesquisa cuja finalidade é descortinar o tema, reunir informações gerais do objeto. Pretende resolver problemas. Não se propõe a explicar fenômenos. Não se destina a compreender a intimidade das subjetividades. Nem mesmo pretende descrever detalhes intrincados de fenômenos complexos [...] (RODRIGUES, 2016, p. 25).

Portanto, vale destacar que, esta pesquisa, tem modo exploratório fazendo com que o pesquisador se familiarize com a temática fora abordada, para que se chegue à conquista da pesquisa, possibilitando uma análise de sucesso a respeito da exploração de ideias correlacionadas no decorrer do trâmite da exploração, na busca de resultados satisfatórios. Esta pesquisa nos fornece aparatos para desenvolver análises a respeito dos registros sobre o tema abordado, em averiguar as consoantes principais do processo flexibilizador e sua real importância para a consagração do trabalho estudado, assim correlaciona prestes

Na pesquisa descritiva, se observam, registram, analisam, classificam e interpretam os fatos, sem que o pesquisador lhes faça qualquer interferência. Assim, o pesquisador estuda os fenômenos do mundo físico humano, mas não os manipula. Incluem-se entre essas pesquisas, as de opinião, as metodológicas, as de levantamentos socioeconômico e psicossociais (PRESTES, 2013, p.20).

Dessa forma, é de mais valia a análise descritiva para este estudo, pois esta identifica a forma de como irá se ilustrar o campo conjunto da pesquisa, destacar a importância do Grafeno nas inovações tecnológicas e seu domínio na composição física e química pela inovação na indústria de eletrônicos, assim como ressaltar a importância as variações

estruturais do grafeno, destacando pelas tendências no desenvolvimento da tecnologia de sua aplicação, como tendências de inovação atual e futuras para a sociedade.

2.3 CAMPO DE PESQUISA E PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS PARA ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Este trabalho será desenvolvido na escola CESCER Colégio Estadual Senador Chagas Rodrigues. Esta instituição faz parte da rede estadual de educação, vinculada ao Ministério da Educação. A escola tem 7 turmas pelo turno da manhã, e 7 turmas pelo turno da tarde, ambas de ensino médio regular. A escola tem, em sua totalidade, 490 alunos e 14 turmas de ensino médio regular.

A pesquisa foi realizada com 4 turmas do ensino médio a saber: 2º ano “A”, 2º ano “B”, 3º ano “A” e 3º ano “B”. Com o foco de analisar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o termo grafeno.

Como a pesquisa tem um caráter exploratório, o processo metodológico de desenvolvimento deste trabalho foi aplicado com o pressuposto de que os alunos envolvidos na pesquisa já tenham ouvido falar em grafeno em algum dia do seu processo de aprendizagem.

Portanto, foi realizado um questionário de investigação contendo 10 perguntas. Essas questões tinham como propósito analisar a opinião dos alunos sobre o conhecimento do grafeno. Através deste questionário foi possível ver se os alunos já conhecem o grafeno ou não. Os questionários foram aplicados entre os dias 09 a 20 de maio de 2022. E, teve como pré - requisitos a participação de alunos que estivessem cursando o 2º ano e o 3º ano do Ensino Médio. Essa restrição se deu com o propósito de que por estar em séries avançadas já deveriam ter ouvido falar no material grafeno. Outro pré - requisito foi o preenchimento de apenas um questionário por aluno. Ainda foi analisado se os alunos envolvidos na pesquisa apresentam alguma dificuldade de aprendizagem. O questionário foi desenvolvido e elaborado por meio da plataforma Microsoft Word, impresso e distribuído para os alunos participantes da pesquisa. Posteriormente, foram analisados e através de suas perguntas/respostas foi possível obter dados a serem discutidos como pontos importantes para a busca dos resultados da pesquisa.

Durante a coleta de dados, foi notório que os alunos tiveram diversas dificuldades no desenvolvimento de respostas verídicas e sensatas a respeito do grafeno. Em meio a dificuldades talvez por falta de uma aprendizagem mais significativa amparados no pensamento de Neto (2006, p.124) que ao tratar da teoria Ausubel (1980) e Rogers (1972), conta que “[...] a motivação intrínseca e o relacionamento interpessoal são básicos para a aprendizagem significativa. As características pessoais/relacionais do professor (congruência, empatia e consideração positiva incondicional) são vitais para uma aprendizagem significativa”.

A sequência didática que foi proposta teve como campo de abordagem o Grafeno. A escolha da temática se deu em consonância com a dificuldade considerada pelos alunos como difícil de compreender e aprender. A tabela a seguir evidencia como foi procedida a construção e elaboração da sequência didática.

Tabela 1 - Ilustração da sequência didática

Nº DE AULAS	OBJETIVOS
Aula 01	Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo grafeno.
Aula 02	Explicar o conceito, através de ligações carbônicas, o grafeno.
Aula 03	Conceituar a estrutura de um grafeno.
Aula 04	Demonstrar a eficácia e o campo de uso do grafeno.
Aula 05	Verificar o nível de aprendizado dos alunos após os conteúdos serem trabalhados em sala de aula.

Fonte: Autoria própria, 2023

3 ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos por meio do questionário investigativo que foi aplicado com os alunos do 2º ano “A”, 2º ano “B”, 3º ano “A” e 3º ano “B”, do Colégio Estadual Senador Chagas Rodrigues.

3.1 Análise dos alunos sobre o ensino de Grafeno

A pesquisa ocorreu em 4 turmas, 2º ano “A”, 2º ano “B”, 3º ano “A” e 3º ano “B”, e contou com a participação de 100 alunos de um total de 140 alunos matriculados, segundo o mapa de matrículas da escola.

Tabela 2 - Turmas que participaram da pesquisa

Turmas	Quantidade de alunos, total de 100.	Quantidade de alunos em %, total de 100.
2º ano A	30	30 %
2º ano B	30	30 %
3º ano A	20	20 %
3º ano B	20	20 %

Fonte: Autoria própria, 2023.

A tabela 1 evidencia a quantidade de alunos por turma que participaram do questionário. Verificou - se que há uma distribuição congruente entre as turmas, ou seja, a quantidade de alunos participantes por classe foi quase igualitária, fazendo com que a coleta de dados abordasse um número significativo de estudantes entrevistados por turma.

Tendo posse destes dados iniciais, fez- se necessário saber quais foram as principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes durante o período que foram exposto o questionário ao longo de sua trajetória escolar.

- Averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo grafeno.

Tabela 3 - Respostas dos alunos que responderam ao questionário em %, total de 100 alunos

0% - 0 aluno	Não sabem dizer e / ou nunca ouviram falar do termo grafeno.
15% - 15 alunos	Relatam que ao longo de seu ensino fundamental o ensino foi fraco principalmente na área de ciências que evidencia tal conhecimento.
50 % - 50 alunos	Relatam que esse conhecimento nunca esteve nos livros de física básica do ensino médio.
15 % - 15 alunos	Relatam que a culpa é sempre do professor que não estimula o ensino - aprendizagem do aluno.
20 % - 20 alunos	Afirmam que esse conhecimento não é para nós do ensino médio e sim para os alunos da faculdade.

Fonte: Autoria própria, 2023.

- Explicar o conceito, através de ligações carbônicas, o grafeno.

Usando um modelo em 3D construído por mim no laboratório do IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Ministrei 5 aulas para o ensino - aprendizagem dos alunos sobre esse tema tão abrangente e inovador na realidade educacional. Apesar de não ser trabalhado de forma direta em sala de aula, quando se estuda ligações químicas e até mesmo uma ponta de um lápis (grafite), temos ali a presença marcante deste nanomaterial leve e capaz de revolucionar toda a ciência. Com a ministração das aulas foi possível observar o quanto eram escassos em conhecimentos que deveriam ter vistos nas séries anteriores como física básica, natureza dos materiais e química básica (ligações, estruturas, carbono etc.), mas aos poucos foram absorvendo o conhecimento ali desenvolvido por eles mesmos quando se respondia o que perguntavam, de fato a metodologia ativa foi essencial para se ter um bom aproveitamento no final do desenvolvimento do trabalho em si.

O grafeno no mundo e suas aplicações atualmente há uma grande investigação e aprofundamento em pesquisas e estudos na inserção no mercado nos últimos anos, apontando uma produção de escala industrial de nanomateriais e aplicações em várias áreas como na comunicação, optoeletrônica, compósitos, biomedicina, sensores, energia e suas variações.

Por possuir propriedades eletrônicas extraordinárias, a matéria oferece para o mercado os nanomateriais que servem como propriedades térmicas e mecânicas com alta condutividade, tais características fazem com que este material seja uma opção para o diamante e silício em aplicações de condutores transparentes, eletrodos flexíveis, e transparentes para células de energia solar e cristais líquidos, transistores de efeito de campo, ressonadores e sensores de pressão (JESUS, FREIRE, GUIMARÃES. 2012 apud. FRAZIER *et al.* 2009 e SOLDANO *et al.* 2010).

As investigações sistemáticas das propriedades estruturais e eletrônicas dos sistemas de grafeno, nos estudos de Lima; Quintela e Rodrigues (2019) obtiveram resultados que indicam defeitos, como também qualidades em grafeno, tais mudanças e modificações químicas que possam produzir nas propriedades estruturais e eletrônicas do material.

As diversas propriedades interessantes do grafeno puro são aquelas inerentes ao material. Para Gonçalves *et al.* (2014) com movimento eletrônico balístico com a mobilidade de portadores extremamente alta de temperatura, e com o efeito Hall quântico em temperatura ambiente. A presença de efeitos no grafeno pode comprometer consideravelmente essas propriedades ao introduzir centros espalhados de portadores.

De acordo com a pesquisa de Marion; Hasan (2016) Na nanoengenharia de dispositivos, a introdução de defeitos estruturais ou nas impurezas é usada para permitir, como semicondutores convencionais pode alcançar a funcionalidade desejadas.

A investigação de Pierro (2013) sobre as propriedades do grafeno incide sobre a formação de defeitos e sua influência sobre as propriedades do grafeno, tendo em vista o alcance de diferentes funcionalidades para aplicações em nanoeletrônica. Essa estrutura do grafeno é possível existir em um número, essencialmente infinito de tipos de defeitos de rede, assim sendo considerados apenas ou mais simples, na qual o enfoque particularmente sobre os defeitos em monocamada de grafeno, uma vez que existem multicamadas na forma grafite. sabe-se que o grafeno se tornou alvo de interesse da comunidade científica, possuindo sua importância nas propriedades eletrônicas de implemento no pacote de simulação computacional.

CONCLUSÃO

Pode-se perceber ao longo desse trabalho que o Grafeno veio para revolucionar diversos setores da indústria e de diversas áreas do conhecimento com a aplicação de sua descoberta como na física, na química, biomedicina, eletrônicos, mecânica dentre outros segmentos complexos. O grafeno passa por um processo de pesquisa e desenvolvimento, mas já contém muitos pontos positivos, abrindo caminhos para a indústria farmacêutica, biomédica, eletrônicos, têxtil, agrícolas, dentre outros. As suas propriedades superam as expectativas de cientistas e pesquisadores, despertando curiosidades e desafios vindos desse material.

Com todas as aplicações são inúmeros os benefícios que o grafeno está interligado como com as nanotecnologias que já vem auxiliando a humanidade, desde a formação de grandes profissionais, pesquisadores, para o desenvolvimento de gerar novos processos e produtos, e na melhoria da qualidade de vida em materiais, com novas propriedades até o desenvolvimento científico, econômico, social e tecnológico. É por este motivo que os estudos das nanotecnologias e suas variações são extremamente importantes.

Além disso, este trabalho serviu como suporte de ensino-aprendizagem para os alunos do Colégio Estadual Senador Chagas Rodrigues que participaram da pesquisa, afinal, aprenderam para além da teoria e compreenderam o que vem a ser a folha de grafeno. Em suma, tal momento possibilitou um conhecimento novo e eficaz para a melhoria da qualidade do ensino repassado em sala de aula.

Por fim, é importante externalizar aqui o desejo de que mais pesquisadores intencionem trabalhar com o tema, visto que o Grafeno está presente nas inovações tecnológicas, além disso, seu domínio na composição física e química tramita na inovação da indústria de eletrônicos, é válido ressaltar também a importância das variações estruturais do grafeno, destacado pelas tendências no desenvolvimento da tecnologia de sua aplicação, como tendências de inovação atual e futuras para a sociedade.

Com efeito, as pesquisas não devem acabar nas páginas de um trabalho de conclusão de curso, mas devem ser continuadas por outros pesquisadores, a fim de que objetivando cada vez mais novas análises, possamos encontrar novas fontes para o aprimoramento e conhecimento do tema trabalhado. Dessa forma, conclui-se que ainda existe a possibilidade de acompanhar uma tendência nos maiores centros de pesquisa internacionais, sendo cada vez mais elevadas a qualidade e o desenvolvimento do grafeno no campo nacional e no mundo.

REFERÊNCIAS

ARAIA, Eduardo. Como Grafeno vai mudar sua vida. **Revista Planeta**, 472.ed., jan. 2012. Disponível em: <<http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/ciencia/comografeno-vai-mudar-sua-vida>>. Acesso em: 14 out. 2020.

BARBOSA, Cássio W. **Será o fim do silício?** Cientistas da IBM criam chip de grafeno. 2014. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/grafeno/49793-serao-fim-do-silicio-cientistas-da-ibm-criam-chip-degrafeno.htm>>. Acesso em: 24 out. 2020.

BASTOS, R. M. P. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) -Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

Brownson, D. A. C., Kampouris, D. K., Bank, C. E. Graphene electrochemistry: fundamental concepts through to prominent applications. *Chemical Society Reviews*, 41, 6944-6976, 2012.

CESARINO, V. **Síntese de nanopartículas de prata suportada sobre nanotubos de carbono de paredes múltiplas para eletro-oxidação de benzeno**. 2011. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Materiais) - Faculdade da Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2011.

Fang, Y., Wang, E. Electrochemical biosensors on platforms of graphene. *Chemical Communications*, 49, 9526-9539, 2013.

FERREIRA, C. I. **Nanocompositos PP/ Grafite: obtenção e propriedades**. 2008. 83 p. Dissertação (Mestre em ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2008.

GONÇALVES, A. O. O. et al. **Introdução a nanotecnologia: Grafeno**. Serra – ES, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JESUS, K. A.; FREIRE, E.; GUIMARÃES, M. J. O. C. Artigo técnico. **Grafeno: Aplicações e Tendências Tecnológicas**, Rio de Janeiro, v.1, n. 1, p. 14-19, set. 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

MAGON, Claudio José. **Conceitos básicos da Eletrônica: teoria e prática**. São Paulo, 2019. Apostila Eletrônica.

MARION, B; HASAN, N. Grafeno: inovações, aplicações e sua comercialização. **Interfaces científicas-exatas e tecnológicas**, Aracaju – SE, v.2, n.1, p.29-40, fev. 2016.

MILCZEVSKY, O. **Estudo sobre conceitos e aplicações da micro e nanotecnologia**. 2012. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em automação industrial)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

PRESTES, Maria Luci de Mesquita. **A Pesquisa e a Construção do Conhecimento Científico**: do planejamento aos textos da escola à academia. 4º ed. São Paulo: Rêspel, 2013.

RODRIGUES, Rui Martinho. **Pesquisa acadêmica**: como facilitar o processo de preparação de suas etapas. São Paulo: Atlas, 2016.

SILVA, C.G. O que é nanotecnologia? . **Nanociência e Nanotecnologia**, São Paulo, nov.2002. Disponível em:<<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>>>. Acesso em: 3 Jun. 2020.

SMANIOTTO, A. **Obtenção, caracterização e funcionalização seletiva de oxido de grafeno com espécies sulfuradas e fragmentos orgânicos**. 2015. 158 p. Tese de doutorado (Pós-graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SUN, Y., WU, Q., SHI, G. Graphene based new energy materials. Energy & Environmental Science, 4, 1113-1132, 2011.

PIERRO, Bruno de. **O grafeno e seus desafios**. 2013. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/12/18/o-grafeno-e-seus-desafios/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

ZANG, X., LI, P., CHEN, Q., WANG, K., WEI, J., WU, D., ZHU, H. Evaluation of layer-by-layer graphene structures as supercapacitor electrode materials. Journal of Applied Physics, 115, 024305, 2014.

<https://blog.render.com.br/impressao-3d/a-historia-da-impressao-3d-uma-retrospectiva-de-40-anos/>

APÊNDICE A – IMAGENS DA AULA PRÁTICA



