



## **GRAFENO: O NOVO MATERIAL DE GRANDE POTENCIAL PARA ÁREA INDUSTRIAL.**

Mariana Giacomini PALACIO<sup>1</sup>  
Elton Aparecido Prado dos REIS<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este artigo trata sobre um dos materiais de grande nome da atualidade, o grafeno. Existem muitos estudos para aplicações do grafeno principalmente para a área industrial, em que é uma área de grande relevância nacional. A metodologia de pesquisa utilizada foi a descritiva, visto que explicou a origem do material grafeno e suas possíveis aplicações. Além de trazer um problema atual: a dificuldade de extração do material. A abordagem do problema usou a pesquisa qualitativa através da evidenciação do uso do grafeno e de métodos de extração do material, através de procedimento técnico bibliográfico.

**Palavras-chave:** Grafeno. Importância do grafite. Métodos de extração do Grafeno.

### **1 INTRODUÇÃO**

Na economia nacional, a indústria possui uma grande relevância principalmente na participação do PIB com 20,4%, porém suas exportações de bens e serviços, e o investimento empresarial em pesquisa e desenvolvimento corresponde a 69,2% e 33% dos tributos federais (exceto receitas previdenciárias), dados segundo a CNI (Confederação Nacional da Indústria)

Nos estudos e no desenvolvimento de novos materiais nos últimos 20 anos, destaca-se a área de nanomateriais (BORSCHIVER et al. 2005, DE JESUS et al., 2012). A nanoestrutura de carbono realiza um importante papel para a engenharia dos materiais. (DE JESUS et al., 2012). A principal importância para o setor é devida sua estrutura e suas propriedades únicas excelentes como aditivos de materiais cerâmicos, plásticos e têxtil, biossensores para diagnósticos ou marcadores

---

<sup>1</sup> Discente do 3º ano do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Antônio Eufrázio de Toledo de Presidente Prudente. e-mail: mahpalcio0705@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica TOLEDO 2021.

<sup>2</sup> Docente do curso Engenharia de Produção e de Engenharia Civil do Centro Universitário Antônio Eufrázio de Toledo de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Faculdade UNESP-Presidente Prudente e-mail: elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

fluorescentes, além de dispositivos eletrônicos (KHOLMANOV et al. 2010 e LADEIRA, 2006, DE JESUS et al., 2012).

O grafeno é um nanomaterial em evidência em pesquisas e estudos, atualmente, principalmente pela sua estrutura e propriedades promissoras para o setor industrial tecnológico. (CORDEIRO et al., 2015)

Desde o século XIX existem estudos experimentais e teóricos das propriedades do grafeno. Na década de 1990, com o desenvolvimento dos nanotubos de carbono, o material começou a ganhar mais destaque, no ano de 1994, o termo “grafeno” ganhou sua definição oficial dada pela International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (CORDEIRO et al., 2015)

No ano de 2004, o pesquisador Novoselov, publicou seu estudo onde foram confirmados experimentalmente os efeitos físicos previstos em estudos teóricos. Ao isolar pequenos fragmentos a partir do (grafite), utilizando um método simples de exfoliação mecânica de folhas de grafite por fitas adesivas e após sua análise e caracterização concluíram que se lidavam com uma estrutura de uma única camada de átomos de carbono. A repercussão desse estudo, destacando-se as propriedades sensacionais do material, resultou no ano de 2010 o Nobel de Física para os pesquisadores russos Novoselov e Geim da Universidade de Manchester, Inglaterra. (CORDEIRO et al., 2015).

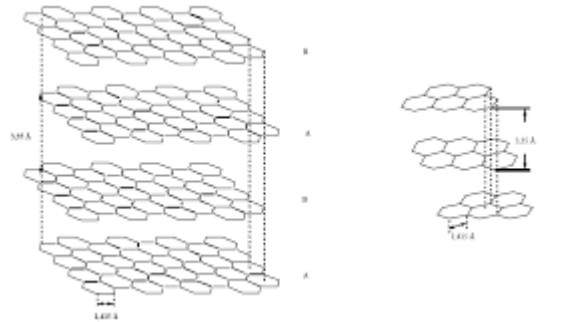
## **2 GRAFENO**

Alotropia consiste na existência de diferentes formas estruturais moleculares ou cristalinas de um elemento. Um grande exemplo é alotropia do carbono, em que um de suas estruturas bidimensional, conhecida é o grafeno. (CORDEIRO et al., 2015)

O grafeno possui uma estrutura bidimensional enrolada numa rede hexagonal, formados por ligações  $sp^2$  dos átomos de carbono. Sua rede estrutural pode ser observada por dois subtítulos interpenetrados em forma triangular. A estabilidade mecânica da folha de carbono obtém-se através da formação de cada átomo em um orbital no plano s e dois no plano p. Os demais orbitais p, perpendiculares, cruzam-se para compor a camada de valência, qual causam os

fenômenos de condução planar. (SOLDANO et al. 2010, DE JESUS et al., 2012). Como é mostrado na figura 1.

**FIGURA 1 – Estrutura do Grafeno.**



Fonte: (GOMES, 2015)

A sua estrutura atômica é a razão pelo material possuir excepcionais propriedades eletrônicas, mecânicas e químicas.

## 2.1 Propriedades.

As propriedades de destaque do grafeno para suas aplicações são: condutividade térmica ( $5000\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ), módulo de elasticidade de cerca de 1TPa, resistência à fratura de 130 GPa, flexibilidade e extensibilidade de até 20% do seu comprimento inicial, área superficial de  $2600\text{ m.g}^{-1}$ , capacidade de adsorção e dessorção de gases como hidrogênio e monóxido de carbono e transparência de até 97,7% na luz do visível (CORDEIRO et al., 2015)

## 2.2 Métodos de Produção

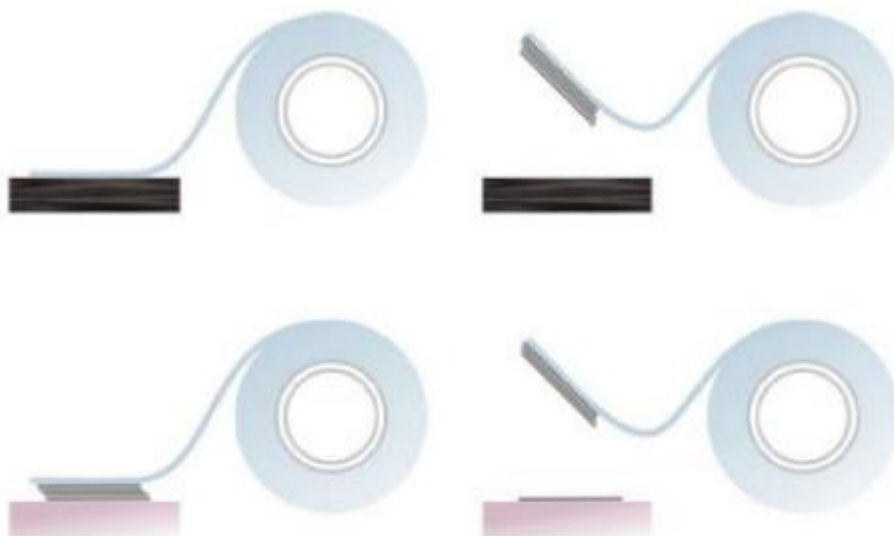
Na literatura, até o atual momento existe três principais métodos de produção de grafeno: o microesfoliação química, microesfoliação mecânica e a deposição química a vapor. (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010, DE JESUS et al., 2012.)

### 2.2.1 Microesfoliação mecânica.

O método por microesfoliação mecânica, figura 2, é o método estudado e utilizado no estudo de Novoselov et al., qual o trabalho foi publicado em 2004. Consiste em a retirada de camadas de um cristal de grafite utilizando uma fita adesiva. Para obter uma monocamada de grafeno, esse procedimento deve ser realizado várias vezes. A força de Van der Waals é a energia de interação entre as camadas de grafeno. Esta força é considerada fraca e com o uso de uma fita adesiva pode deslocar estas camadas do grafite. (CORDEIRO et al., 2015)

Essa técnica possui a vantagem da possibilidade de escolher a localização da deposição do grafeno. Entretanto, existe a desvantagem da técnica de ficar resíduo da cola da fita adesiva utilizada na amostra, por isso é necessário um tratamento térmico para remover os resíduos orgânicos (DE JESUS et al., 2012)

**FIGURA 2 – O método por microesfoliação mecânica**



Fonte: (FONSECA, 2011.p. 14; CAETANO, 2017.).

### **2.2.2 Microesfoliação química.**

A microesfoliação química é um método em que, enfraquece as forças de Van de Waals com inserção de reagentes no espaço entre as camadas. A utilização dos reagentes químicos proporciona uma pressão com formação de gases provocando o rompimento parcial das redes  $sp^2$ . (DE JESUS et al., 2012)

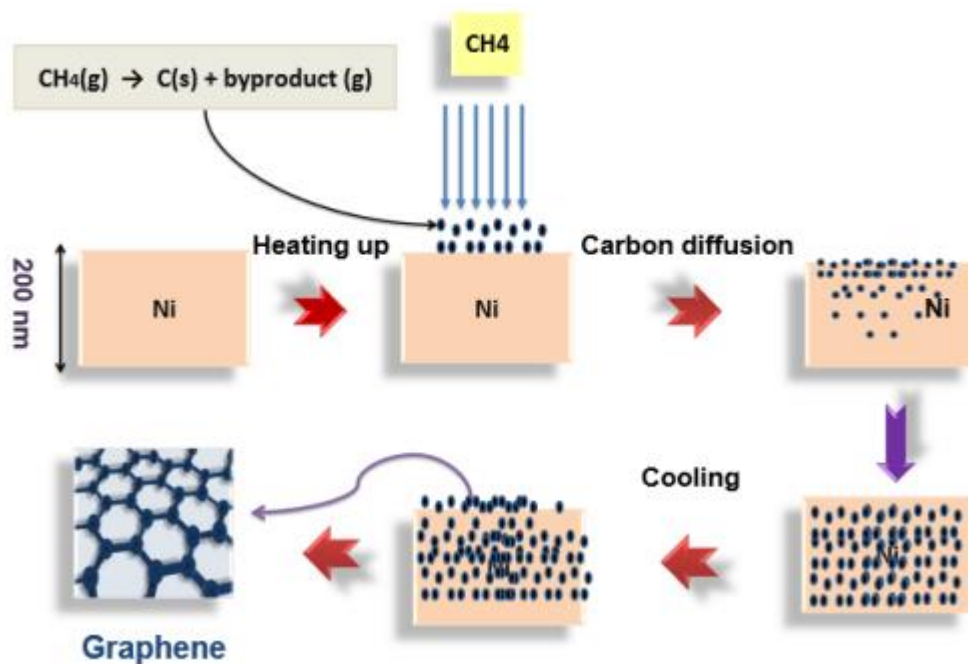
A forma clássica e prática desse método para a obtenção do óxido de grafite é emergir grafite em uma mistura de ácido sulfúrico, nitrato de sódio e permanganato de potássio a 45 °C por 2 horas (LAMMERT, 2009, CAETANO, 2017). Essa técnica resulta em uma mistura mal definida de grafeno e óxido de grafeno.

O problema dessa técnica é a modificação química que acontece na estrutura do grafite. A diferença entre as microesfoliações é que o óxido de grafeno obtido na química mostra diferentes propriedades eletrônicas, e para recuperar as propriedades específicas do grafeno é necessária uma etapa de redução química (FREIRE, 2012; JESUS, 2012).

### **2.2.3 Decomposição química a vapor**

O método pela decomposição química a vapor foi o primeiro método utilizado para obtenção do grafeno, no ano de 1970. Para aquisição do grafeno a técnica se baseia em dois mecanismos diferentes: a decomposição térmica de carbetos, ou o crescimento suportado em substratos metálicos por deposição química a vapor. Como exemplo, o crescimento de grafeno em superfície metálica de níquel pela passagem de monóxido de carbono (SOLDANO, 2010; CAETANO, 2017). Esta técnica é a alternativa mais viável para produção de grafeno em grande escala por ser de baixo custo e produz dispositivos de alto desempenho. (JESUS, 2012; CAETANO, 2017).

**FIGURA 3** – O método de decomposição química a vapor



Fonte: (Consol Blog, 2014)

## 2.3 APLICAÇÕES

O grafeno é um material que grandes empresas estão investindo em pesquisas e estudos de investigação e aprofundamento para uma produção em escala indústria, além de aplicações em várias áreas industriais como: comunicação, optoeletrônica, compósitos, biomedicina e sensores, energia, revestimentos e tintas, aeronáutica e automotivo, entre outras. (CAETANO, 2017)

As excelentes propriedades do material chamaram a atenção do mercado devido às características térmicas, mecânicas e eletrônicas. Principalmente como opção de substituir materiais como metais e diamante em aplicações de condutores transparentes, eletrodos flexíveis e transparentes para células de energia solar ou de cristal líquido, transistores de efeito de campo, ressonadores e sensores de pressão (JESUS, FREIRE, GUIMARÃES. 2012 apud. FRAZIER et al. 2009 e SOLDANO et al. 2010, CAETANO, 2017).

Em muitas empresas ao redor do mundo vem se desenvolvendo produtos com a utilização do grafeno em diversas aplicações. Entre elas pode-se citar algumas empresas, instituições e suas aplicações.

A Universidade Técnica de Munique na Alemanha, um grupo de físicos estão desenvolvendo a produção de uma retina artificial com a utilização do grafeno. Os implantes de retina são feitos através da conversão da luz incidente em impulsos elétricos enviados ao cérebro por meio do nervo óptico, e então acontece a conversão dos sinais em imagens, assim pessoas com deficiências ópticas possam enxergar. O grande problema da produção de retina artificial até então era a rejeição do material pelo organismo. Com o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre o grafeno, descobriram que o material é significativamente mais biocompatível que os demais materiais usados para a produção da retina, devido à sua flexibilidade e durabilidade química (MARION, HASAN 2016 apud. CUTHBERTSON, 2014, CAETANO, 2017).

**FIGURA 4 – Retina artificial**



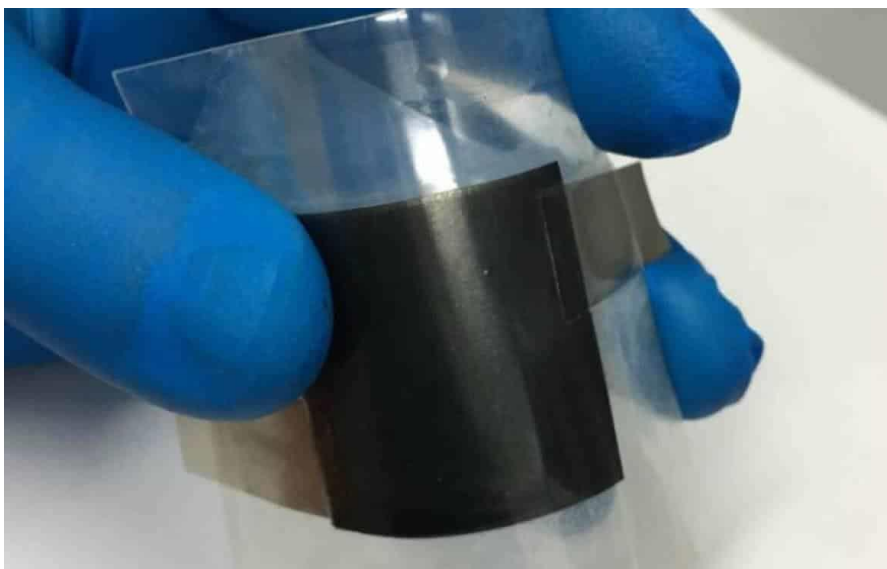
Fonte:(Level Feed, 2017.)

Outra aplicação em desenvolvimento pela, a empresa Lockheed Martin, na América. É a dessalinização da água do mar através de um filtro de material perforene. Esse material foi criado para atender uns dos grandes problemas atuais via global, atender toda a população global com água potável. O filtro trata-se de uma membrana de folha de grafeno que contém furos com tamanho de um nanômetro ou menor, os furos são bastante pequenos e capazes de reter o sódio, o cloro e outros íons a partir da água do mar, melhorando o fluxo das moléculas de água, evitando assim o entupimento e a pressão sobre a membrana, além de que o

líquido também vai passar a fluir 100 vezes melhor do que os sistemas de osmose reversa, tornando o processo mais eficaz (MARION, HASAN 2016 apud. LOCKHEED, 2013, CAETANO, 2017).

O Instituto de Ciência e Tecnologia Gwangju na Coreia, pesquisadores criaram supercapacitores de alto desempenho de grafeno que armazenam em abundância de energia, quase a mesma energia que uma bateria de lítio, as baterias podem carregar e descarregar em 16 segundos e manter o ciclo de carga por 10.000 vezes sem diminuição relevante da capacidade. Essa descoberta pode ser a solução para os veículos elétricos de bateria que suportam a reutilização e recuperação de energia que é geralmente descartada quando os freios desaceleram o veículo. (MARION, HASAN 2016 apud. MIT, 2013, CAETANO, 2017).

**FIGURA 4 – Supercapacitor**



Fonte:(Rigues Rafael, 2020.)

Outro ramo com o desenvolvimento de aplicações do grafeno é no mercado de impressões 3D. A empresa Kibaram Resources com o Grupo 3D está investindo nas pesquisas para a aplicação do grafeno. Nos últimos anos, o desenvolvimento e estudo para esses materiais fez a empresa evoluir rapidamente, com um crescimento de US\$ 3,8 bilhões em 2014 para US\$ 16,2 bilhões em 2018. O grafeno pelas suas propriedades flexíveis, elétrica e seu grande potencial de expansão as aplicações de impressão 3D, pode ser o grande percussor de uma nova revolução industrial (MARION, HANSAN 2016 apud. PROACTIVE, 2014, CAETANO, 2017).



O Brasil é um dos países que possuem universidades com iniciativas na área de pesquisa e estudo do grafeno. A MackGrafe é um centro de pesquisas avançadas em Grafeno, nanomateriais e nanotecnologia criado e teve investimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Um dos principais objetivos das suas pesquisas é sintetizar o grafeno, caracterizá-lo e desenvolver dispositivos, com o foco principal em fotônica (MARION, HANSAN 2016 apud. MACKGRAFE, 2015). Outra universidade brasileira nessa área é a UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) com muito incentivo na área de sintetização. (CAETANO, 2017)

No ano de 2010 aconteceu o evento International Graphene Conference – Graphene Brazil 2010” realizado entre parcerias da Universidade de Boston (EUA) com o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) de Nanomateriais de Carbono e coordenando pela UFMG (MARION, HANSAN 2016 apud. UFMG, 2010 CAETANO, 2017). Esse evento recebeu especialistas, cientistas e pesquisadores do mundo inteiro que são da área do grafeno em Belo Horizonte. (MARION, HANSAN 2016 apud. UFMG, 2010 CAETANO, 2017).

### **3 CONCLUSÃO**

O grafeno é um material de grande relevância ao se considerar suas excelentes propriedades principalmente aplicações via industrial. O único problema desse material é a sua extração que ainda está em pesquisa e estudo para considerar mais acessível para fins industriais.

Como observado anteriormente, esse material tem grande potencial para grandes aplicações. E muitos pesquisadores, e cientistas da área dizem que o grafeno ainda pode ser a causa de uma nova revolução tecnológica atualmente

Ao se analisar, o grande potencial do grafeno e que um dos principais métodos de extração do material é através do grafite. Existem pesquisas em desenvolvimento sobre o resíduo de grafite para transformação em óxido de grafeno. Pressupondo a extração do material de um resíduo.

Por fim, constata-se que este material traz consigo uma grande evolução científica, corroborando um salto na evolução dos materiais.

### **REFERÊNCIAS**

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988.

CAETANO, RANGEL CARDOSO. GRAFENO: CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. In: CAETANO, RANGEL CARDOSO. GRAFENO: CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. 2017. Monografia (BACHAREL EM ENGENHARIA QUÍMICA) - Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, [S. l.], 2017. PDF.

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO” de Presidente Prudente. Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p

CORDEIRO, G.L et al. SÍNTESE QUÍMICA E CARACTERIZAÇÃO DE GRAFENO. 59º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, [s. l.], 17 maio 2015. PDF.

DE JESUS, Karla Acemano et al. Grafeno: Aplicações e Tendências Tecnológicas. Academia, [s. l.], 2012. PDF.