



# Mapeamento tecnológico do grafeno obtido por Deposição Química a Vapor (CVD) em bases acadêmicas e bases de patente: um estudo de caso

## Technological mapping of graphene obtained by chemical vapor deposition on academic bases and patent bases: a case study

Helder Augustus Treviso da SILVA [1](#); Renato de Lima SANTOS [2](#); Evaldo Carlos Fonseca PEREIRA [3](#); Edvaldo Antonio das NEVES [4](#); Dario KAJIYAMA [5](#); Francisco Cristovão Lourenço de MELO [6](#); Renato Galvão da Silveira MUSSI [7](#)

Recibido: 21/04/2017 • Aprobado: 20/05/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia](#)
- [3. Resultados e discussões](#)
- [4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

O grafeno é atualmente um material com inegável relevância mundial, devido suas inúmeras aplicações, em especial no uso como semicondutor. Este trabalho objetiva realizar o estudo estratégico de informação tecnológica explorando bases acadêmicas e de patentes, usando prospecção tecnológica em grafeno e processo de deposição química a vapor. Foram definidas as bases, palavras-chave, códigos da classificação internacional de patentes e período investigado. Os resultados demonstraram destacada importância das bases acadêmicas e de patentes na análise de mercado e tendências tecnológicas.

**Palavras-chave:** grafeno, deposição química a vapor, prospecção tecnológica, mapeamento tecnológico.

#### ABSTRACT:

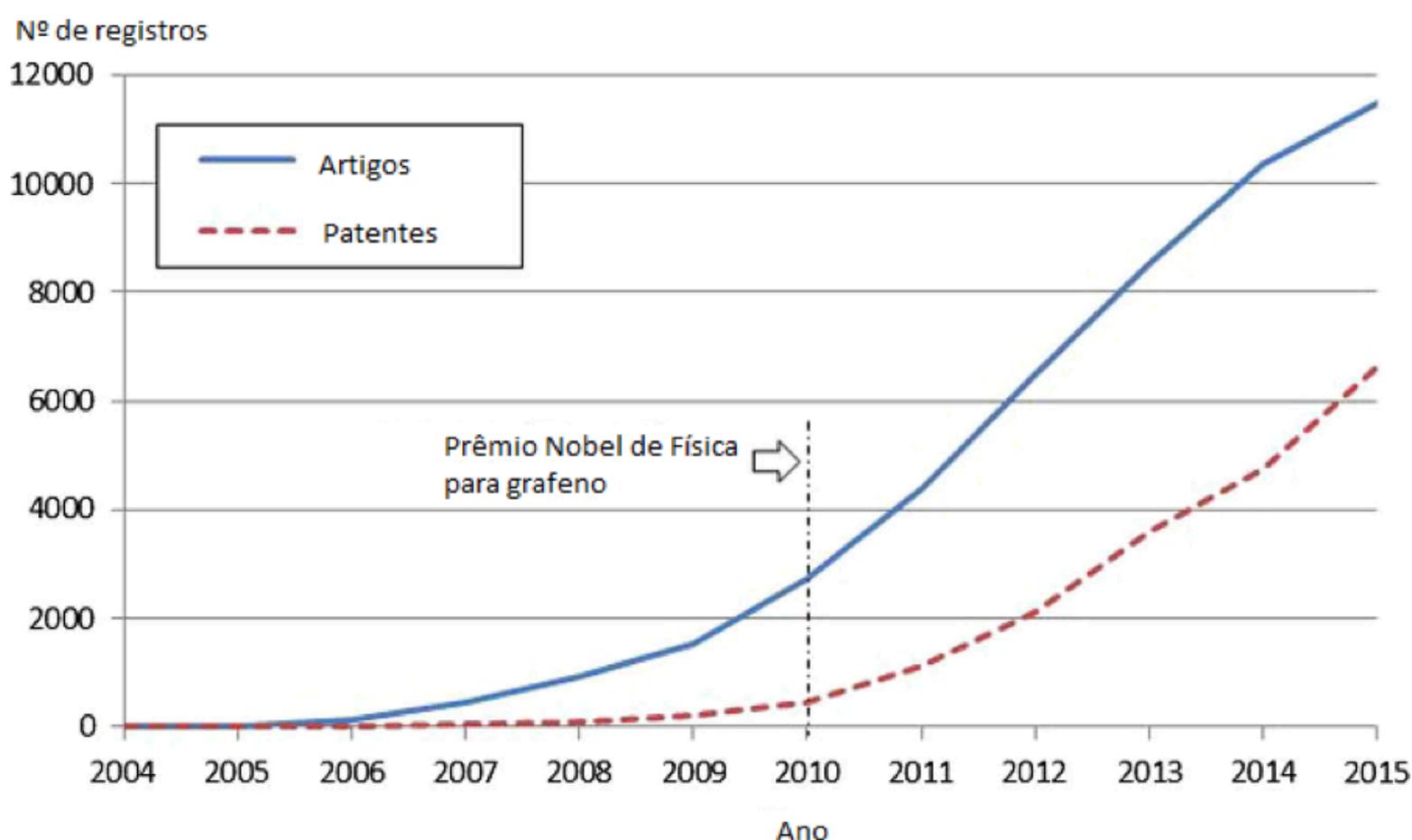
Graphene is nowadays a material of undeniable relevance worldwide, mainly due to its uncountable possible applications, especially as a semiconductor material. This work aims to perform a strategical analysis of technological information by exploring academic and patent information, using technological prospection on graphene produced by CVD process. The study was based on predefined databases, keywords, IPC codes and period of interest. The results brought to light the importance of academic and patent information to market and technological trends analyses.

**Keywords:** graphene, chemical vapor deposition, technological forecasting, technological mapping.

## 1. Introdução

A informação tecnológica aparece, cada vez mais, como uma ferramenta essencial para tomadas de decisões, tanto no campo acadêmico quanto no industrial. Este artigo procura explorar o potencial das bases de informações disponíveis: a base de dados acadêmica e a base de dados patentária. Como exemplo, a pesquisa foi realizada em torno do grafeno e de uma técnica de produção, a deposição química a vapor (CVD), ambos tópicos de crescente interesse mundial.

Neste sentido, Shapira, P., Go, A. & Salehi, F. (2016) analisaram, em seu trabalho, os dados referentes a grafeno utilizando bases acadêmicas e patentárias, definindo como estratégia de busca a palavra "grafeno" no título do artigo e da patente. Segundo os autores, em 2011 (ano seguinte ao Prêmio Nobel de Física pelo trabalho pioneiro sobre grafeno de Andre Geim e Konstantin Novoselov), havia mais de 4.350 publicações (artigos e patentes) sobre grafeno, contra 450 em 2007. Entre 2001 e 2004 ocorreram apenas cerca de 40 publicações sobre o tema. Ainda segundo os autores, o crescimento da publicação continuou regularmente, chegando a marca de 11.500 publicações sobre grafeno em 2015. Afirmam ainda os autores, que até 2015 a China era a maior produtora de publicações a respeito do tema, seguido pelos Estados Unidos da América. Os dados da pesquisa dos autores podem ser resumidos na Figura 1.



**Figura 1** – Publicações (artigos e patentes) com a palavra grafeno no título entre 2004 e 2015 (adaptado de Shapira, P., Go, A. & Salehi, F. (2016))

## 1.1. Grafeno

Assim como o diamante, o grafite, os nanotubos de carbono e o fulereno, o grafeno é uma das formas cristalinas do carbono, apresentando uma estrutura molecular composta de uma camada única de átomos de carbono arranjados em uma estrutura cristalina bi-dimensional em forma hexagonal, a qual lembra a estrutura de um favo de mel. Esta estrutura possui, ainda, as características cristalinas de alta pureza, alta resistência mecânica, transparência e baixa densidade, com elevada condutibilidade térmica e elétrica, podendo estar suspensa de forma livre ou ligada a um material base ou substrato (Novoselov et al, 2012; Geim, A.K. & Novoselov, K.S., 2007). Afirmam ainda Geim, A.K. & Novoselov, K.S. (2007), que tais características tornam o grafeno um material de grande importância na atualidade. Por

exemplo, devido à pureza de sua estrutura cristalina e à alta capacidade de condução elétrica, o grafeno pode ser utilizado na confecção de circuitos integrados em substituição ao silício. Também, devido a sua estrutura cristalina e à força da ligação entre os átomos de carbono de sua rede cristalina, pode ser utilizado como elemento de filtragem de água contaminada por materiais radioativos. Igualmente, como exemplo de aplicação, devido à alta capacidade de condução elétrica e leveza, pode ser utilizado como elemento das placas de super-capacitores. Ainda, o grafeno também apresenta alta resistência à deformação em sua estrutura cristalina (por ex., módulo de Young de 1TPa, Novoselov et al, 2012), sendo ideal como materiais estruturais, agregando resistência mecânica e leveza, características essenciais aos componentes usados na indústria aeroespacial e de defesa.

Em 2004, foi realizada a primeira síntese do grafeno pelo método de esfoliação (Novoselov et al, 2004), mostrando que o material poderia ser de extrema importância para a indústria devido, principalmente, às suas propriedades mecânicas e elétricas.

No entanto, segundo Chen, X., Zhang, L. & Chen, S.(2015), para aplicações práticas, uma produção em grande escala com qualidade reproduzível é de primordial importância. As formas de síntese do grafeno, além da esfoliação mecânica do grafite, são o crescimento epitaxial em superfícies de SiC, redução do óxido de grafeno e deposição química a vapor (CVD). Os autores afirmam, ainda, que dentre estas técnicas, a CVD é a mais promissora nos dias atuais porque tem relativo baixo custo e tem capacidade de produzir produtos de alta qualidade e grandes superfícies de grafeno.

## **1.2. Deposição química a vapor (CVD)**

Diversos métodos têm sido propostos para a síntese de grafeno, entretanto, a Deposição Química a Vapor ("*Chemical Vapor Deposition*" – CVD) tem se mostrado como uma dos mais promissores para sintetizar o grafeno em grande escala e grandes áreas, conforme também afirmam Seah, CM., Chai, SP. & Mohamed, A.R. (2014). Trata-se de um método relativamente simples de obtenção de grafeno com qualidades desejáveis, sendo amplamente conhecido por envolver a decomposição de matéria-prima de carbono, ou hidrocarbonetos ou polímeros, empregando calor e substratos metálicos de transição, como o cobre (Mattevi, C., Kim, H & Chhowalla, M., 2011; Seah, CM., Chai, SP. & Mohamed, A.R., 2014).

Devido ao potencial de se tornar a tecnologia predominante para a produção de grafeno, o CVD, como método emergente para a produção de grafeno, foi definido como argumento de pesquisa em conjunto com o termo "grafeno".

## **1.3. Informação tecnológica: bases acadêmicas e de patentes**

De acordo com Parmagnani apud Silva, L.C.S et al (2013), *Informação Tecnológica* pode ser entendida como "*todo tipo de conhecimento sobre tecnologias de fabricação, de projeto e de gestão, que favoreça a melhoria contínua da qualidade e a inovação no setor produtivo*".

Segundo os autores, essas informações são encontradas tanto em fontes informais quanto formais. As informais são encontradas em feiras e exposições, mídias audiovisuais (rádio, tv, por exemplo), congressos, simpósios, dentre outros. As formais, por sua vez, são encontradas em normas técnicas, trabalhos acadêmicos (teses, relatórios, por exemplo), artigos científicos, bases de dados (acadêmicas e patentárias), livros, periódicos, dentre outros.

As bases de dados acadêmicas constituem uma fonte de informação de caráter diversificado, tendo em vista a sua multidisciplinaridade, indexando uma vasta gama de periódicos (no caso em estudo, mais de 9.000 periódicos) nas mais diversas áreas, criando, deste modo, uma rede de citações. A referida rede de citações permite mapear tanto os documentos citados por um artigo como os documentos que citaram o referido artigo.

Por sua vez, o documento de patente é uma rica fonte de informação tecnológica, tendo em vista a obrigação legal de possuir suficiência descritiva, assim entendida à obrigatoriedade do

relatório técnico descrever clara e suficientemente o objeto, de modo a possibilitar sua realização por técnico no assunto e indicar a melhor forma de execução. Cabe destacar que a principal limitação da busca em base de patentes é a fase inicial do pedido onde os documentos são mantidos em sigilo administrativo. Tomando como base a legislação brasileira (art. 30 da Lei nº. 9.279/96), que está alinhada a tratados internacionais, esse período é de 18 (dezoito) meses, contados da data de depósito ou prioridade. Nestes casos, qualquer ferramenta de busca utilizada irá recuperar nas bases de dados apenas os documentos já publicados.

Por outro lado, a busca de documentos patentários em bases de pesquisa específicas possui uma vantagem em relação aos documentos acadêmicos, tendo em vista que aos documentos de patentes são atribuídos códigos baseados na Classificação Internacional de Patentes (em inglês, International Patent Classification – IPC), que promovem a classificação das tecnologias abordadas nos documentos de acordo com a área do conhecimento a que pertence, bem como suas características técnicas e suas aplicações.

A combinação da IPC com o uso de palavras-chave como argumento de busca nas bases patentárias restringe e direciona o escopo da pesquisa permitindo uma maior precisão e objetividade nos resultados, otimizando, assim, o número de passos no processo de “mineração de dados”, além de alcançar metas da pesquisa com maior qualidade, tanto na busca de documentos individuais quanto nos trabalhos de mapeamento tecnológico.

Segundo França, R.O. (1997), na concessão de patente é primordial a consulta preliminar de coleções organizadas de documentos para avaliar-se o estado da arte, já que a referida concessão tem como base o conceito de novidade absoluta em relação ao estado da técnica mundial. Ainda segundo o autor, essa coleção compreende tanto documentos de patentes (patentes concedidas e os pedidos de patente publicados), quantos artigos científicos e tecnológicos em periódicos especializados.

Mendes et al (2015) afirmam que a utilização da informação contida em documentos de patente é significativa para o monitoramento do desenvolvimento tecnológico de um dado setor, sendo que estes documentos englobam grande parcela do conhecimento tecnológico do mundo. Frisam ainda os autores que parte da informação proveniente de literatura patentária não está replicada em outras fontes de informação.

É possível inferir a importância do uso da informação patentária, concentrada especialmente em banco de dados específicos (banco de dados patentários), conjugada com a informação científica e técnica disponível nos tradicionais bancos de dados acadêmicos.

Do até aqui exposto, pode-se compreender que a efetiva utilização e compreensão da informação tecnológica disponibilizada, tanto em bases patentárias quanto acadêmicas, é um recurso fundamental para a definição e elaboração de estratégias e projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P, D & I), pois possibilita o mapeamento do estado da arte. O referido mapeamento permite, entre outros, evitar a duplicidade de esforços na condução desses projetos de P, D & I, identificar tendências tecnológicas e expertises, além de auxiliar tanto a comunidade acadêmica quanto industrial a identificarem parcerias tecnológicas, novas tecnologias e/ou ramo tecnológico a ser explorado, bem como a identificação dos principais atores em determinada área técnica, dentre outras vantagens.

Deste modo, o presente trabalho pretende explorar determinada tecnologia em banco de dados acadêmico e patentário, utilizando a conjugação de ambos na obtenção dos resultados. Para tanto, este artigo está estruturado em 5 (cinco) partes. Além desta primeira parte com uma breve introdução sobre o trabalho, a segunda parte trata da metodologia e estratégia de pesquisa empregada, seguida da terceira, onde são discutidos os resultados e conclusões preliminares. A quarta parte traz as considerações finais e, por fim, na quinta parte são descritas as referências utilizadas no embasamento teórico deste estudo de caso.

---

## **2. Metodologia**

O presente trabalho utilizou-se de proposta metodológica com base em Silva e Menezes (2005)

e, assim, classificou a pesquisa como de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, de objetivo exploratório e com procedimentos técnicos fundamentados em pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

O levantamento de dados foi realizado tanto em base de patentes quanto em base acadêmica. A busca patentária foi realizada na base da Derwent Innovations Index – DII (Thomson Reuters Scientific). Trata-se de uma base de dados com referências e resumos de mais de 11 milhões de patentes, incluindo publicações de 40 organismos internacionais e nacionais de registro e concessão de patentes, disponível online desde 1966 (fonte: [www-periodicos-capes-gov-br](http://www-periodicos-capes-gov-br)).

A base acadêmica empregada foi a Web of Science – Coleção principal (Thomson Reuters Scientific). É uma base multidisciplinar, com mais de 9.000 periódicos indexados, além de ser um índice de citações, composta por Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), de 1945 até o presente, Social Sciences Citation Index, de 1956 até o presente; Arts and Humanities Citation Index, de 1975 até o presente, e Conference Proceedings Citation Index-Science (CPCI-S) e Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities (CPCI-SSH), ambos de 2012 até o presente (fonte: [www-periodicos-capes-gov-br](http://www-periodicos-capes-gov-br)).

A estratégia de busca, basicamente, foi estruturada na definição de palavras-chave, códigos de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (*IPC – International Patent Classification*).

As buscas, tanto na base acadêmica quanto na patentária, foram realizadas até a data de 05/09/2016, data limite deste estudo de caso, delimitando, assim, o período de pesquisa.

As palavras-chave definidas, empregadas tanto na base acadêmica quanto na patentária foram “graphene”, “CVD”, “chemical vapor deposition”, “chemical vapour deposition”. O código IPC usado foi o “C01B31/04”, o qual se refere na Classificação Internacional de Patentes à Seção de “química/metalurgia, química inorgânica, carbono e seus compostos, grafita”. Por fim, o período da pesquisa realizado foi o compreendido entre os anos de 2006 até a data de 05/09/2016. Os requisitos para a estratégia de busca estão mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Estratégia de busca

	Requisitos		
Palavras-chave	graphene	CVD	Chemical vapor deposition
Código IPC	C01B31/04		
Período da pesquisa	Jan/2006 a 05/set/2016		

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016

## 3. Resultados e discussões

Para melhor entendimento e discussão (análise), os resultados foram desmembrados em base acadêmica e base patentária.

### 3.1. Base acadêmica

As buscas realizadas em base acadêmica resultaram num total de 5.910 artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais. Na Tabela 2 é apresentada a quantidade de artigos publicados por país, para o período em estudo (2006-2016). Foram encontrados 57 países com

publicações na área. É possível notar que China e Estados Unidos respondem, juntos, por mais da metade da produção de artigos relacionados ao tema, sendo a China o país com maior número de publicações, com 30,12% e EUA com 26,33% do total de artigos publicados. Ainda entre os 10 países com relevante produção acadêmica, Coreia do Sul (14,57%) e Japão (9,14%) destacam-se entre os demais, que mantém, em média, uma produção de 3 a 4% do total. O Brasil ocupa a 21ª posição neste "ranking", com cerca de 1% da produção acadêmica mundial acerca do tema.

**Tabela 2** – Artigo publicado por país/território (base acadêmica)

Posição	País	Nº artigos	% do total
1º	China	1.780	30,12
2º	Estados Unidos	1.556	26,33
3º	Coreia do Sul	861	14,57
4º	Japão	540	9,14
5º	Alemanha	294	4,98
6º	Inglaterra	293	4,96
7º	Taiwan	261	4,42
8º	Cingapura	247	4,18
9º	Índia	210	3,55
10º	França	188	3,18
21º	Brasil	62	1,05
Total registros		5.910	
Total países		57	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na Tabela 3, as universidades e/ou instituições de pesquisa chinesas e norte-americanas aparecem em maior número, 3 de cada país, seguidas de 2 universidades/institutos de Coreia do Sul e Cingapura, corroborando com os resultados apresentados na Tabela 2, onde estes 4 países aparecem em destaque na lista dos 10 maiores produtores de artigos na área. Também da análise da Tabela 3 é possível notar a hegemonia destes países, figurando os 4 entre os 10 primeiros mundialmente. Por fim, são citadas 1.121 universidades/institutos com pesquisa na área.

**Tabela 3** – Organizações (universidades/institutos) de pesquisa com maior número de ocorrências (base acadêmica)

Posição	Organização	País	Nº artigos	% do total
---------	-------------	------	------------	------------

1º	Chinese Academy of Science	China	415	7,02
2º	Sungkyunkwan University	Coreia do Sul	197	3,33
3º	Peking University	China	166	2,81
4º	Tsinghua University	China	146	2,47
5º	Nanyang Technological University	Cingapura	129	2,18
6º	Massachusetts Institute of Technology	EUA	121	2,05
7º	National University of Singapore	Cingapura	101	1,71
8º	The University of Texas at Austin	EUA	100	1,70
9º	Seoul National University	Coreia do Sul	97	1,64
10º	Rice University	EUA	91	1,54
Total registros			5.910	
Total organizações			1.121	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Em relação aos autores com maior número de ocorrências, a diferença entre o primeiro e o décimo com maior produção na área em estudo é de cerca de 42%, com números absolutos de 77 e 54, respectivamente, como mostrado na Tabela 4. Não foi observado neste trabalho possíveis redes de citações e co-autorias.

**Tabela 4** – Autores com maior número de ocorrências (base acadêmica)

Posição	Autores	Nº artigos	% do total
1º	Ruoff, R.S.	77	1,30
2º	Kong, J.	77	1,30
3º	Liu, Z.F.	70	1,18
4º	Lee, Y.H.	62	1,05
5º	Kim, H.	60	1,02
6º	Li, L.J.	59	1,0
7º	Lee, S.	58	0,98

8º	Zhang, Y.	57	0,96
9º	Wang, Y.	55	0,93
10º	Park, J.	54	0,91
Total registros		5.910	
Total autores		6.079	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

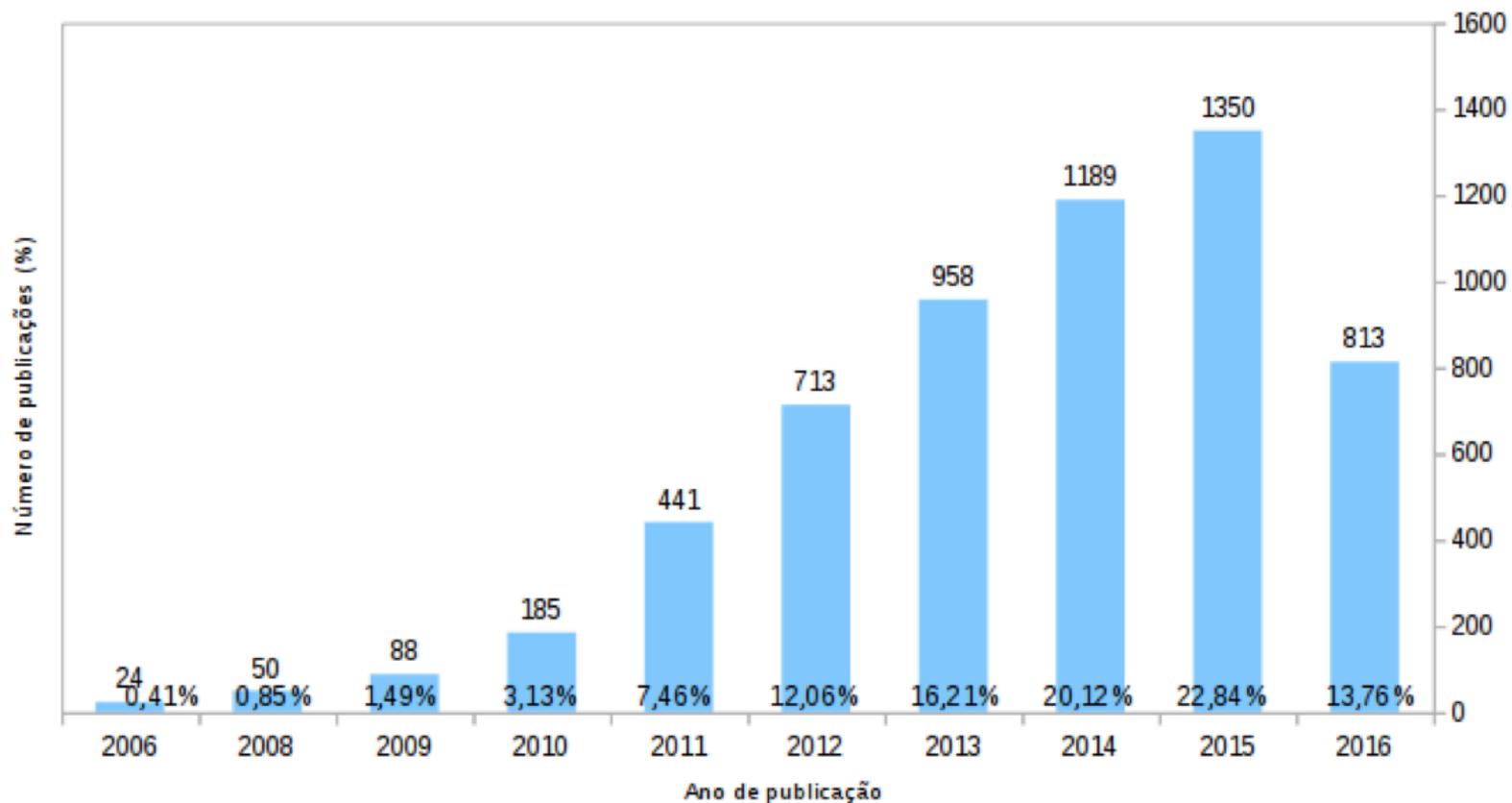
O número de artigos publicados vem crescendo ano a ano desde a descoberta do grafeno, em 2004. A Tabela 5 mostra esta evolução. Como exemplo, o número de artigos em 2015 foi cerca de 56 vezes maior se comparado ao ano de 2006. Em 2016, considerando a data de busca deste trabalho, início de setembro, já foram publicados 813 artigos especificamente sobre o tema.

**Tabela 5** – Quantidade de artigos por ano (base acadêmica)

Ano	Quantidade de registros	% do total	Artigos/mês *
2016	813	13,76	90,33
2015	1.350	22,84	112,5
2014	1.189	20,12	99,08
2013	958	16,21	79,83
2012	713	12,06	59,42
2011	441	7,46	36,75
2010	185	3,13	15,41
2009	88	1,49	7,33
2008	50	0,85	4,17
2006	24	0,41	2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016. \* Obs.: na coluna "artigos/mês", de 2006 a 2015 a quantidade de registros é dividido por 12 (meses do ano); em 2016 é dividido por 9 (até mês de setembro)

Na Figura 2, síntese da Tabela 5, é demonstrada a quantidade de artigos publicados desde 2006, com grafeno e "CVD".



**Figura 2** – Quantidade de publicações por ano (base acadêmica) (elaborado pelos autores, 2016).  
Obs.: os dados de 2016 são até o mês de setembro.

Dentre as áreas de pesquisa de maior ocorrência, Ciência dos Materiais, Química e Física respondem, respectivamente, por 56,4%, 49,24% e 47,02% das pesquisas realizadas, de um total de 24 áreas de maior ocorrência, conforme mostrado na Tabela 6.

**Tabela 6** – Áreas de pesquisa de maior ocorrência (base acadêmica)

Posição	Áreas de Pesquisa	Nº artigos	% do total
1º	Ciência dos Materiais	3.333	56,4
2º	Química	2.910	49,24
3º	Física	2.779	47,02
4º	Ciência & Tecnologia – Outros temas	2.280	38,58
5º	Engenharia	502	8,49
6º	Eletroquímica	225	3,81
7º	Óptica	193	3,27
8º	Combustíveis Energéticos	170	2,88
9º	Instrumentação	50	0,85
10º	Metalurgia/Engenharia Metalúrgica	47	0,8
Total registros		5.910	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A Tabela 7 mostra que 366 periódicos corresponderam aos requisitos desta pesquisa na base selecionada, destacando-se o periódico "Carbon", com maior número de citações. Além disso, uma rápida análise dos periódicos mostra que as especialidades estão ligadas, em sua grande maioria, a materiais, nanotecnologia e química, corroborando com os resultados apresentados na Tabela 6.

**Tabela 7** – Periódicos de maior ocorrência (base acadêmica)

Posição	Periódico	Nº artigos	% do total
1º	Carbon <a href="https://www.journals.elsevier.com/carbon">https://www.journals.elsevier.com/carbon</a>	431	7,29
2º	ACS Nano <a href="http://pubs.acs.org/journal/ancac3">http://pubs.acs.org/journal/ancac3</a>	315	5,33
3º	Applied Physics Letters <a href="http://aip.scitation.org/journal/apl">http://aip.scitation.org/journal/apl</a>	314	5,31
4º	Nanoscale <a href="http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/nanoscale/">http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/nanoscale/</a>	224	3,79
5º	Nano Letters <a href="http://pubs.acs.org/journal/nalefd">http://pubs.acs.org/journal/nalefd</a>	218	3,69
6º	Royal Society of Chemistry-Advances <a href="http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/rsc-advances/">http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/rsc-advances/</a>	200	3,38
7º	Scientific Reports – Nature <a href="http://www.nature.com/srep/">http://www.nature.com/srep/</a>	162	2,74
8º	Journal of Physical Chemistry C <a href="http://pubs.acs.org/journal/jpcck">http://pubs.acs.org/journal/jpcck</a>	151	2,56
9º	Nanotechnology <a href="http://iopscience.iop.org/journal/0957-4484">http://iopscience.iop.org/journal/0957-4484</a>	140	2,37
10º	ACS Applied Materials & Interfaces <a href="http://pubs.acs.org/journal/aamick">http://pubs.acs.org/journal/aamick</a>	126	2,13
Total registros		5.910	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Em suma, com os resultados apresentados até aqui, baseados especificamente em base acadêmica, pode-se inferir que o assunto tem crescente interesse da comunidade acadêmica, tendo em vista o aumento significativo de artigos publicados a respeito do tema desde 2006 (lembrando que o grafeno foi descoberto em 2004). Além disso, dos resultados pode-se compreender que os maiores expoentes na pesquisa acadêmica do tema “grafeno + deposição química a vapor”, são China e Estados Unidos, com destaque também para Coreia do Sul e Cingapura, fato este corroborado pelos autores mais proeminentes da área.

### 3.2. Base patentária

A partir deste ponto, as análises realizadas são referentes a busca na base patentária. As buscas realizadas resultaram num total de 954 depósitos, aqui entendidos e compreendidos tanto os pedidos de patente quanto a própria patente concedida. Também contam como apenas um objeto uma mesma família de patentes. As buscas foram realizadas até a data de 05/09/2016.

Uma primeira análise identificou os principais titulares (depositantes), num universo de pesquisa resultante de 725 titulares com maior número de ocorrências para os 954 depósitos identificados. Na Tabela 8 é possível observar que dentre os 10 maiores depositantes, 6 estão localizados na China, 2 nos EUA, 1 na Coreia do Sul e 1 em Taiwan. Estes dados concordam com os apresentados na base acadêmica, visto que os países supracitados estão entre os 10 mais produtivos em termos de artigos produzidos sobre o tema.

**Tabela 8** – Titulares (depositantes) com maior número de ocorrências (base patentária)

Posição	Titulares	Nº depósitos	% do total
1º	Xidian University (China)	55	0,93
2º	Lee, Y.T. (Taiwan)	29	0,49
3º	Harbin Institute of Technology (China)	24	0,41
4º	Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology (China)	23	0,39
5º	Ocean's King Lighting Science & Technology Co.(China)	18	0,31
6º	Chongqing Institute of Green and Intelligent Technology, Chinese Academy of Sciences (China)	17	0,29
7º	Shenzhen Ocean's King Lighting Engineering Co (China)	17	0,29
8º	Jang, B.Z. (EUA)	15	0,25
9º	Samsung Electronic Co. Ltd (Coreia do Sul)	15	0,25
10º	Zhamu, A.(EUA)	15	0,25

Total registros	954
Total titulares com maior número de ocorrências	725

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na Tabela 9 podem-se observar os inventores com maior número de ocorrências nos depósitos de patentes (lembrando, entendidos aqui como pedidos de patente e patente concedida). No período em estudo, o inventor com maior produção possuía 69 depósitos, de um total de 1.794 inventores com maior número de ocorrências, correspondendo a um percentual de 7,23% do total.

**Tabela 9** – Inventores com maior número de ocorrências (base patentária)

Posição	Autores	Nº depósitos	% do total
1º	Zhang, Y.	69	7,23
2º	Wang, Y.	45	4,72
3º	Guo, H.	41	4,30
4º	Lei, T.	38	3,98
5º	Zhang, K.	36	3,77
6º	Lee, Y.T.	29	3,04
7º	Zhou, M.	29	3,04
8º	Li, X.	27	2,83
9º	Zhang, J.	27	2,83
10º	Liu, Y.	22	2,31
Total registros		954	
Total inventores com maior número de ocorrências		1.794	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Em termos da Classificação Internacional de Patentes (IPC), pode-se observar na Tabela 10 que o maior número de depósitos refere-se à seção C (Química; Metalurgia), com divisões C01B (Elementos não metálicos; Seus compostos), C23C (...revestimento por evaporação a vácuo...ou por deposição química em fase de vapor, em geral), C30B (crescimento de monocristais). Destaca-se o alto número de IPC encontrado, com 1.141 classificações recuperadas.

Por fim, em relação às áreas de pesquisa predominantes, demonstradas na Tabela 11, química se destaca, com 91,2% das ocorrências encontradas, em um total de 12 áreas citadas.

**Tabela 10** – Classificação Internacional de Patentes predominante (“IPC” – base patentária)

Posição	IPC	Classificação	Nº ocorrências	% do total
1º	C01B-031/04	Química/Metalurgia: Grafita	77	33,75
2º	C23C-016/26	Química/Metalurgia: Deposição apenas de carbono	77	19,60
3º	C01B-031/02	Química/Metalurgia: Preparação de carbono	70	17,19
4º	B82Y-040/00	Operações de processamento/Transporte: Fabricação ou tratamento de nanoestruturas	62	11,53
5º	B82Y-030/00	Operações de processamento/Transporte: Nano tecnologia para ciência de materiais ou de superfícies, p. ex. nano compósitos	60	11,22
6º	C23C-016/44	Química/Metalurgia: Caracterizado pelo método de revestimento	59	5,66
7º	C30B-029/02	Química/Metalurgia: Elementos	58	4,51
8º	H01B-001/04	Consistindo, principalmente, de compostos de carbono-silício, de carbono ou de silício	57	3,88
9º	H01L-021/02	Fabricação ou tratamento de dispositivos semicondutores ou de partes dos mesmos	55	3,88
10º	B82B-003/00	Operações de processamento/Transporte: Fabricação ou tratamento de nano estruturas formadas por manipulação individual de átomos, moléculas, ou grupos limitados de átomos ou moléculas como unidades discretas	54	3,56
Total registros		954		
Total IPC		1.141		

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

**Tabela 11** – Áreas de pesquisa predominante (base patentária)

Posição	Áreas de Pesquisa	Nº ocorrências	% do total

1º	Química	870	91,2
2º	Engenharia	712	74,63
3º	Instrumentos e Instrumentação	537	56,29
4º	Ciência dos Polímeros	313	32,81
5º	Metalurgia/Engenharia Metalúrgica	198	20,76
6º	Energia e Combustíveis	162	16,98
7º	Ciência da Imagem e Tecnologia Fotográfica	193	3,27
8º	Ciência da Computação	47	4,93
9º	Ciência dos Materiais	38	3,98
10º	Farmacologia e Farmácia	38	3,98
Total registros		954	
Total áreas		12	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Portanto, da análise da base de patentes, pode-se demonstrar que os maiores titulares (depositantes) estão localizados na China, EUA, Coreia do Sul e Taiwan, aparecendo entre os 10 primeiros depositantes. As áreas de destaque, tanto referentes à Classificação Internacional de Patentes quanto às áreas de pesquisa, são Química e Metalurgia, demonstrando grandes esforços de pesquisa e desenvolvimento nestas áreas.

A comparação dos resultados obtidos da base acadêmica com a base patentária mostra tendências semelhantes. Os maiores expoentes em publicações acadêmicas sobre o tema, China e EUA, também são os países com maior número de depósitos, seguidos da Coreia do Sul. Taiwan em depósitos de patentes e Cingapura em produção acadêmica completam o cenário.

Destes resultados, tomando-se como exemplos os dois maiores destaques, China e EUA, pode-se perceber a importância da proteção da tecnologia antes da publicação. Os dois países supracitados aliam um alto número de publicações acadêmicas com um alto número de solicitação de pedido de patente, tornando claro a importância da disseminação de informação tecnológica com a devida proteção de titularidade. Estas ações criam um ciclo virtuoso de pesquisa e desenvolvimento, com aplicação industrial.

Também é possível perceber dos resultados o grande esforço da comunidade científica e industrial no desenvolvimento e estabelecimento da cadeia de processamento e aplicação do grafeno. Cerca de dois anos após sua descoberta, ou seja, 2006, até o atual ano, o número de publicações acadêmicas relacionadas ao grafeno e "CVD" aumentou cerca de 56 vezes, ou cerca de 5.550%. Mesmo comportamento no número de depósitos de patentes envolvendo o tema de pesquisa, com aumento crescente ano a ano.

## 4. Conclusões

O presente artigo contemplou um estudo estratégico de mapeamento tecnológico em grafeno e o processo de deposição química a vapor (CVD), como técnica para síntese do grafeno e de seus subprodutos, tópicos de crescente interesse mundial.

Como exercício de prospecção tecnológica, foram identificados os principais atores mundiais tanto em termos de pesquisa acadêmica quanto em termos de base de patentes. Com os resultados, identificou-se os principais países, universidades, instituições de pesquisa, autores e grupos de pesquisa em destaque na exploração do tema, bem como os periódicos nos quais resultados são mais publicados, constituindo-se numa importante ferramenta para auxílio na elaboração de estratégias futuras de pesquisa e desenvolvimento sobre o tema "grafeno" e "deposição química a vapor". Ressalta-se que os principais inventores, depositantes e titulares de tecnologias correlatas também foram identificados, apontando potenciais mercados futuros e empresas líderes no tema.

Além disso, os resultados encontrados neste estudo de caso, tanto os obtidos da base acadêmica quanto da base patentária, mostram que os maiores expoentes em publicações acadêmicas sobre o tema, China e EUA, também são os países com maior número de depósitos, seguidos da Coreia do Sul. Taiwan em depósitos de patentes e Cingapura em produção acadêmica completam o cenário.

Assim, a partir deste conjunto de resultados, a importância do estudo da informação de patentes também é demonstrada. O uso de patentes como ferramenta para se analisar o mercado e tendências tecnológicas estimula o uso estratégico de informação tecnológica. Por meio dos resultados encontrados, foi possível obter-se um panorama mundial sobre o desenvolvimento tecnológico do tema pesquisado, permitindo identificar soluções técnicas existentes no estado da técnica, identificar possíveis parcerias ou desenvolvimento comum de tecnologia, dentre outros, tornando-se uma ferramenta importante para fundamentar investimentos e atividades de P&D.

---

## Referências bibliográficas

- Cheng, X., Zhang, L. & Chen, S. (2015). Large area CVD growth of graphene. *Synthetic Metals*, 210, 95-108.
- França, R.O. (1997). Patente como fonte de informação tecnológica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 2(2), 235-264.
- Geim, A.K. & Novoselov, K.S. (2007). The rise of graphene. *Nature Materials*, 6, 183-191.
- Mattevi, C., Kim, H. & Chhowalla, M.(2011). A review of chemical vapour deposition of graphene on copper. *Journal of Materials Chemistry*, 21, 3324-3334.
- Mendes, C.U.S., Nunes, B.F., Guerrante, R.D.S., Lourenço, A.L., Palácio, D.N.M., Gorgulho, C.F. & Antunes, A.M.S. (2015). Estudos Setoriais: Oportunidades Tecnológicas para a Indústria Química Brasileira. *Relatório de cooperação técnica entre INPI e ABIQUIM nas comissões setoriais*. Recuperado de <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/informacao/estudos-setoriais>.
- Novoselov, K.S, Geim, A.K., Morosov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I.V. & Firsov, A.A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 306(5696), 666-669.
- Novoselov, K.S., Fal'ko, V.I., Colombo, L., Gellert, P.R., Schwab, M.G. & Kim, K. (2012). A roadmap for graphene. *Nature*, 492, 192-200.
- Shapira, P., Go, A. & Salehi, F. (2016). Graphene enterprise: mapping innovation and business development in a strategic emerging technology. *Journal of Nanoparticle Research*, 18, 02-24.
- Seah, C.M., Chai, S.P. & Mohamed, A.R. (2014). Mechanisms of graphene growth by chemical vapour deposition on transition metals. *Carbon*, 70, 1-21.
- Silva, L.C., Kovaleski, J.L., Gaia, S. & Francisco, A.C. (2013). Informação tecnológica: identificando tecnologias, vantagens e aplicações através do banco nacional e internacional de

patentes. *Holos*, 1(29), 139-150.

Silva, E. L.& Menezes, E. M. (2005). Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

---

1. Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia e Analista em C&T - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Brasil - [helderhats@ifi.cta.br](mailto:helderhats@ifi.cta.br)
  2. Engenheiro Eletrônico, Mestre em Ciências, Tecnologista e Aluno Especial de Doutorado - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Brasil - [renatorls@ifi.cta.br](mailto:renatorls@ifi.cta.br)
  3. Engenheiro Eletrônico, Tecnologista e Aluno Especial de Mestrado, Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Brasil - [evaldoecfp@ifi.cta.br](mailto:evaldoecfp@ifi.cta.br)
  4. Economista, Mestre em Política Científica e Tecnológica e Analista em C&T - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Brasil - [edvaldoean@ifi.cta.br](mailto:edvaldoean@ifi.cta.br)
  5. Engenheiro Mecânico, Especialista em Tecnologias em Educação à Distância e Tecnologista - Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Brasil - [dariodk@ifi.cta.br](mailto:dariodk@ifi.cta.br)
  6. Engenheiro de Materiais, Doutor em Tecnologia Nuclear, Pesquisador Titular e Professor Colaborador - Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/DCTA), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Brasil - [franciscofclm@iae.cta.br](mailto:franciscofclm@iae.cta.br)
  7. Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia e Tecnologista, Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI/DCTA), Brasil - [renatomussirgsm@ifi.cta.br](mailto:renatomussirgsm@ifi.cta.br)
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 42) Año 2017  
Indexada en Scopus, Google Schollar

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados