

VALDIVÂNIA ALBUQUERQUE DO NASCIMENTO
ORGANIZADORA

The background of the cover is an abstract geometric pattern composed of various polygons in shades of blue and white. The pattern is dense and complex, with lines intersecting to form a variety of shapes, some of which are highlighted in a lighter blue or white, creating a sense of depth and movement.

**ESTUDOS PROSPECTIVOS COM
APLICAÇÕES DE MATERIAIS**

EDITORA INOVAR

ESTUDOS PROSPECTIVOS COM APLICAÇÕES DE MATERIAIS

Valdivânia Albuquerque do Nascimento

ESTUDOS PROSPECTIVOS COM APLICAÇÕES DE MATERIAIS



Copyright © dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores e autoras.

Valdivânia Albuquerque do Nascimento (Organizadora).

Estudos prospectivos com aplicações de materiais. Campo Grande: Editora Inovar, 2020. 79p.

ISBN: 978-65-80476-51-0.

DOI: <https://doi.org/10.36926/editorainovar-978-65-80476-51-0>

1. Engenharia de materiais 2. Ciência de materiais. 3. Engenharia. 4. Pesquisa. 5. Autores.
I. Título.

CDD – 620

Os conteúdos dos capítulos são de responsabilidades dos autores e autoras.

Conselho Científico da Editora Inovar:

Franchys Marizethe Nascimento Santana (UFMS/Brasil); Jucimara Silva Rojas (UFMS/Brasil); Katyuscia Oshiro (RHEMA Educação/Brasil); Maria Cristina Neves de Azevedo (UFOP/Brasil); Ordália Alves de Almeida (UFMS/Brasil); Otília Maria Alves da Nóbrega Alberto Dantas (UnB/Brasil).

Editora Inovar
www.editorainovar.com.br
79002-401 - Campo Grande – MS
2020

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
Capítulo 1	
MATERIAIS CERÂMICOS APLICADOS PARA SUPERCAPACITORES HÍBRIDOS	8
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 2	
UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS FORENSES	13
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 3	
UTILIZAÇÃO DE GRAFENO COMO MATERIAL PARA GERAÇÃO E CONTROLE DE ENERGIA	18
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 4	
MATERIAIS APLICADOS EM BATERIAS PRÁTICAS DE ÍONS DE SÓDIO	24
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 5	
ESTUDOS SOBRE MATERIAIS OCOS COMPOSTOS DE CARBONO PARA BATERIAS DE LÍTIO- ENXOFRE	29
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 6	
TINTAS APLICADAS EM MATERIAIS TERMOELÉTRICOS E GERADORES DE ENERGIA	34
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
Yvo Borges da Silva	
Millena de Cássia Sousa e Silva	
Capítulo 7	
ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE O USO DE NANOCOMPÓSITOS COM MATRIZ CERÂMICA APLICADOS EM REVESTIMENTOS DE AÇO CARBONO COMO PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO	39
Hitalo de Jesus Bezerra da Silva	
Valdivânia Albuquerque do Nascimento	
João Batista de Oliveira Libório Dourado	
Moisés das Virgens Santana	
Bruna Leal Melo de Oliveira	

Humberto Denys de Almeida Silva

Capítulo 8

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICA AVANÇADA OBTIDA PELO MÉTODO DE PRECIPITAÇÃO

48

Valdivânia A. do Nascimento

Moisés das Virgens Santana

Walber Alves Freitas

Hitalo de Jesus Bezerra da Silva

Humberto Denys de Almeida Silva

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Bruna Leal Melo de Oliveira

Capítulo 9

UTILIZAÇÃO DE MATERIAL CERÂMICO EM APLICAÇÕES BIOLÓGICAS

61

Valdivânia A. do Nascimento

Moisés das Virgens Santana

Walber Alves Freitas

Hitalo de Jesus Bezerra da Silva

Humberto Denys de Almeida Silva

João Batista de Oliveira Libório Dourado

Bruna Leal Melo de Oliveira

Capítulo 10

ATUAIS ESTUDOS RELACIONADOS A MATERIAIS INTELIGENTES

72

Valdivânia Albuquerque do Nascimento

Yvo Borges da Silva

Millena de Cássia Sousa e Silva

SOBRE A ORGANIZADORA

77

APRESENTAÇÃO

Os engenheiros de pesquisa e desenvolvimento criam novos materiais ou modificam as propriedades de materiais existentes. A ciência dos materiais tem como objetivo principal a obtenção de conhecimentos básicos sobre a estrutura interna, as propriedades e o processamento de materiais. A engenharia de materiais volta-se principalmente para a utilização de conhecimentos básicos e aplicados acerca dos materiais de tal forma que estes possam ser transformados em produtos necessários ou desejados pela sociedade.

A partir da verificação da importância do estudo e aplicação dos materiais, essa obra engloba estudos científicos e tecnológicos aplicados ao desenvolvimento da Ciência e Engenharia de Materiais.

Valdivânia Albuquerque do Nascimento
(Organizadora)

Capítulo 1**MATERIAIS CERÂMICOS APLICADOS PARA SUPERCAPACITORES HÍBRIDOS**

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

RESUMO

Atualmente, os supercapacitores são uma das tecnologias mais promissoras para melhorar o gerenciamento, aumentar a eficiência, o desempenho e a qualidade dos sistemas de armazenamento e de suprimento de energia elétrica. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais cerâmicos aplicados em supercapacitores híbridos, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. A China e Estados Unidos são considerados os principais países depositários, com 1580 e 850 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta possível em nível de depósitos. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está C10L, que é destinada principalmente na aplicação de materiais cerâmicos na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais cerâmicos em supercapacitores híbridos é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

O valor extremamente elevado de capacitância é alcançado graças à enorme área superficial dos eletrodos e à mínima distância entre as cargas. Assim, os supercapacitores são capazes de armazenar uma quantidade de energia muito maior do que qualquer capacitor convencional de mesma massa ou volume (Alves, 2017; Anderson et al., 2019).

A primeira geração de supercapacitores, disponível comercialmente no final da década de 70, era apropriada para produtos eletrônicos em razão da pequena tensão que as células de supercapacitores suportam (inferior a 2,5 V) (Alves, 2019). Com o advento de módulos supercapacitores, foi possível empregar os supercapacitores em aplicações com tensões mais altas. Somente na década de 90 seu uso começou a se difundir, graças ao emprego do SC em veículos elétricos (EV) e em veículos elétricos híbridos (HEV) (Ferreira,

2005). Neste tipo de aplicação, o dispositivo funciona como uma fonte de rápida transferência de energia, o que permite a otimização, compactação e melhoria de desempenho do sistema de armazenamento e de conversão de energia (Fonseca, 2019).

Atualmente, os supercapacitores são uma das tecnologias mais promissoras para melhorar o gerenciamento, aumentar a eficiência, o desempenho e a qualidade dos sistemas de armazenamento e de suprimento de energia elétrica (Lucas, 2019; Mesquita et al., 2019).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em Janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos cerâmica, supercapacitores, híbridos, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2009, 2010, 2011 e 2014 tiveram o maior número de depósitos na área, com 698, 697, 674 e 610, respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi

depositada em 2006, mostrando assim que os estudos na área tendem a ser recentes e com o nível de evolução cada vez maior.

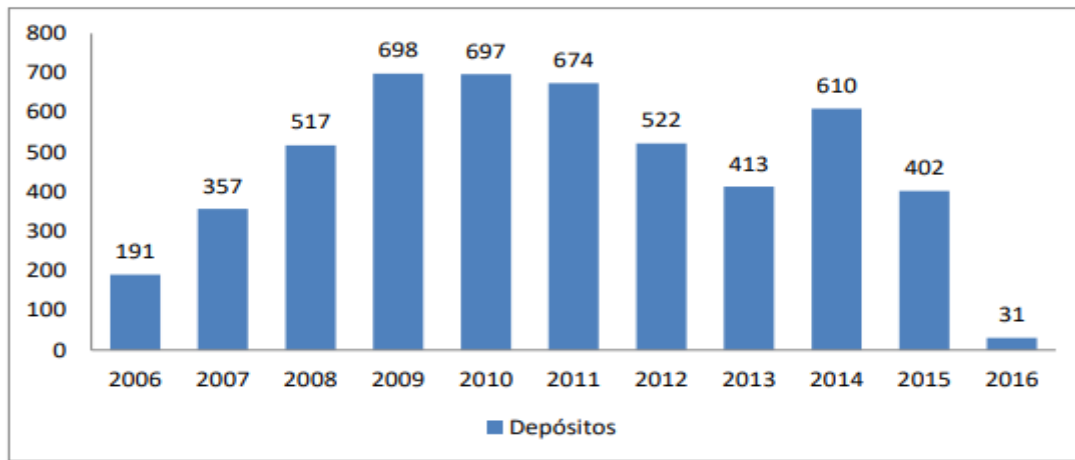


Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais classificações internacionais de patentes, com códigos C10L, C11C e C07C, referente a 2402, 1205 e 847 depósitos respectivamente. A classificação está relacionada aos materiais cerâmicos aplicados em tecnologias.

Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.

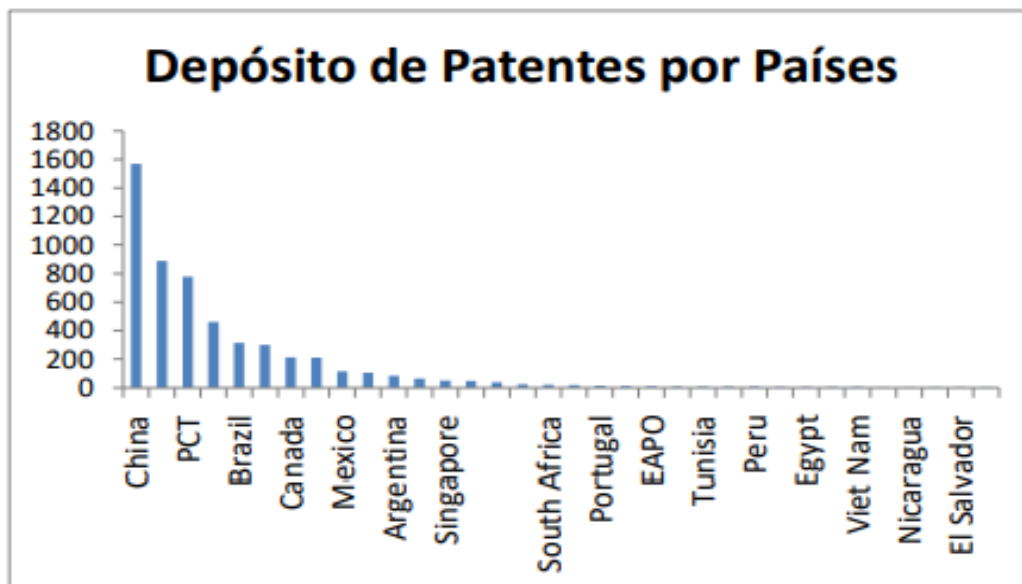
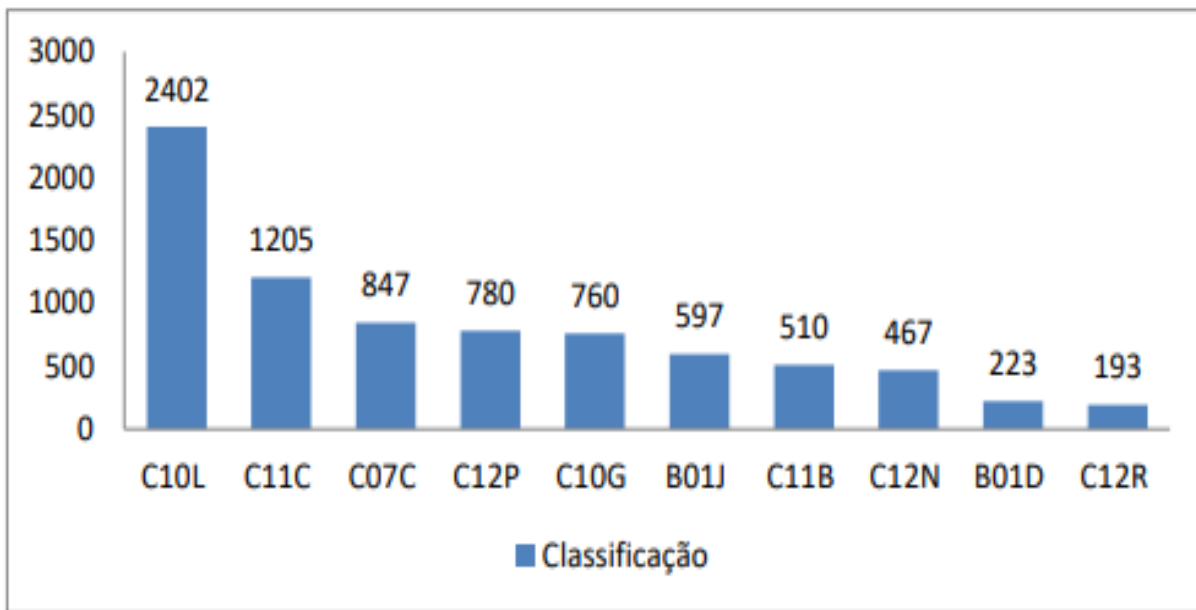


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

Na Figura 3, observa-se que a China se destaca com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão Estados Unidos e em quinto lugar o Brasil. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais cerâmicos supercapacitores híbridos, além de outras áreas de materiais.



CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais cerâmicos em supercapacitores híbridos é recente, usando todos os termos chaves, sendo seu marco inicial em 2006, atingindo o número máximo de patentes em 2009, 2010, 2011 e 2014. A China e Estados Unidos são considerados os principais países depositários, com 1580 e 850 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta possível em nível de depósitos. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está C10L, que é destinada principalmente na aplicação de materiais cerâmicos na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais cerâmicos em supercapacitores híbridos é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

Alves, A. P. P. (2017). Síntese e caracterização de nanocompósitos e de híbridos de polímeros conjugados/nanomateriais de carbono para aplicação em supercapacitores.

Alves, T. A. (2019). Aplicação de supercapacitores em bicicleta elétrica de curta jornada.

Anderson, J., Moré, J. J., Puleston, P. F., & Fornaro, P. (2019, May). Control de sistema híbrido de energía basado en pilas de combustible y supercapacitores. In *V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2019)*.

Ferreira, A. A., & Pomilio, J. A. (2005). Estado da arte sobre a aplicação de supercapacitores em eletrônica de potência. *Eletrônica de Potência*, 10(2), 25-32.

Fonseca, W. S. (2019). Supercapacitores à base de nanoestruturas de sulfetos de níquel e cobalto obtidas a partir da conversão de resíduos urbanos.

Lucas, S. A. A. (2019). Preparo e caracterização de materiais de eletrodos e eletrólitos para aplicação em supercapacitores flexíveis.

Mesquita, A., Ribeiro, M., Freitas, M., Prado, A., & Porto, A. (2019). Preparação e Caracterização do Óxido de Grafeno Funcionalizado Com Aminas para Aplicação em Supercapacitores Eletroquímicos.

Capítulo 2**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS FORENSES**

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

A ciência forense clássica está diretamente envolvida na estrutura forense nuclear, assim como os especialistas de diversas áreas do conhecimento, como engenheiros, físicos, químicos, investigadores e policiais. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais forenses, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais forenses é recente, usando todos os termos chaves, sendo seu marco inicial em 1999, atingindo o número máximo de patentes em 2013, 2014 e 2017. A Espanha, China e Alemanha são considerados os principais países depositários. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está C09K, que é destinada principalmente na aplicação de materiais forenses na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais forenses é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

No início da década de 1990, sistemas espectroscópicos de imagem química tornaram possível a aquisição de espectros e informações espaciais simultaneamente, a chamada espectroscopia de imagem (da Silva Eleutério, 2019). A obtenção de espectros com alta resolução espacial identifica espécies químicas na amostra e seu mapa de distribuição. A espectroscopia de imagem essencialmente combina espectroscopia vibracional e imagem digital.

A ciência forense clássica está diretamente envolvida na estrutura forense nuclear, assim como os especialistas de diversas áreas do conhecimento, como engenheiros, físicos, químicos, investigadores e policiais (dos Santos, 2019; Miranda, 2019; Santos, 2019). Esses

especialistas devem reunir suas habilidades de modo a desenvolverem uma interpretação única dentro de uma cadeia de ações num caso forense nuclear (Passagli, 2009). A ciência forense nuclear tem como objetivos primordiais: a detecção do material nuclear, sua caracterização no que cerne à proveniência, e a atribuição da fonte detentora legal (Rosa, 2011; Romão, 2011). A identificação da origem e a intenção de uso desses materiais podem ser obtidas por meio de informações inerentes ao material nuclear, as quais são observadas em sua composição isotópica e elementar, na análise de impurezas, aparência física e micro-estrutural, e idade do material (Lessa, 2009; Smith, 2013). Portanto, podem-se criar melhores atribuições de segurança, medidas de proteção no local do furto ou desvio, evitando novos furtos ou desvios (Sebastiany, 2013; Machado, 2008).

Uma vez identificado o material, o principal objetivo da investigação forense nuclear consiste em rastrear sua origem e caminhos percorridos, desde a produção até a interdição, permitindo com isso, a identificação dos agentes responsáveis pelo desvio, daqueles interessados no desvio assim como das principais falhas no processo de segurança (Alves et al., 2013). Nesta visão, pode-se considerar que o sucesso da investigação forense nuclear está diretamente relacionado à informação diagnóstica inerente ao material interditado, denominada assinatura (Machado, 2008).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em Janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos materiais, forenses, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2013, 2014 e 2017 tiveram o maior número de depósitos na área, com 4, 7 e 4, respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 1999, mostrando assim que os estudos na área tendem a ser recentes e com o nível de evolução cada vez maior.

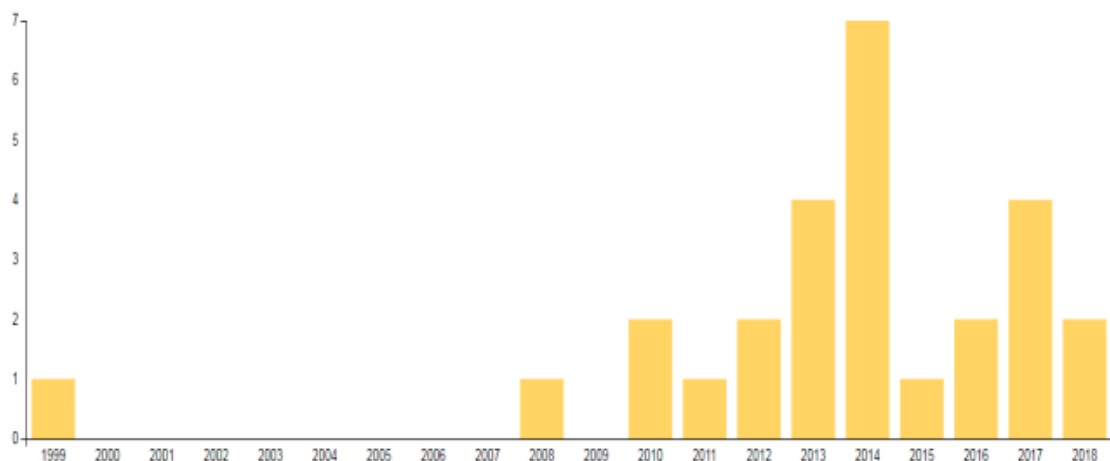
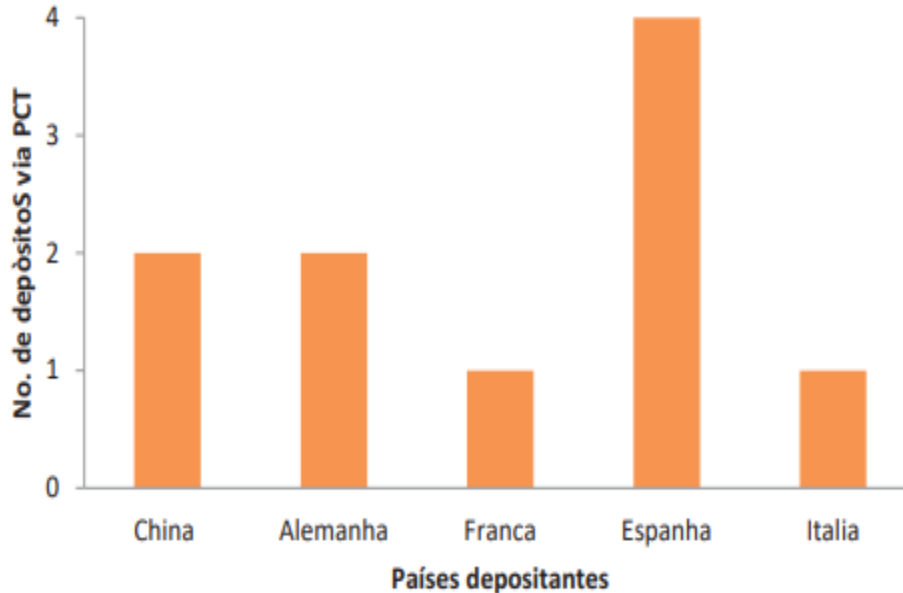


Figura 1: Patentes depositados por ano.

Na Figura 2, observa-se que a Espanha se destaca com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão China e Alemanha, com um total de 4, 2 e 2 patentes, respectivamente. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais forenses, além de outras áreas de materiais.

Figura 2: Depósitos de patentes por país.



CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais forenses é recente, usando todos os termos-chave, sendo seu marco inicial em 1999, atingindo o número máximo de patentes em 2013, 2014 e 2017. A Espanha, China e Alemanha são considerados os principais países depositários. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está C09K, que é destinada principalmente na aplicação de materiais forenses na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais forenses é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

Da Silva Eleutério, P. M., & Machado, M. P. (2019). *Desvendando a computação forense*. Novatec Editora.

Dos Santos, A. B., & de Meneses, F. M. G. (2019). Química forense: divulgação científica na feira de ciências. *Scientia Naturalis*, 1(4).

Miranda, M. J. P. (2019). Espectrometria de massas com ionização paper spray: uma nova abordagem na solução de problemas forenses.

Santos, J. T. D. (2019). Extração e Análise de Drogas para Identificação de Substâncias de Interesse Forense.

Passagli, M. (2009). *Toxicologia forense: teoria e prática*. Millennium.

Rosa, D. S. (2011). *Caracterização química, física e isotópica de U_3Si_2 para fins forenses nucleares* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Romão, W., Schwab, N. V., Bueno, M. I., Sparrapan, R., Eberlin, M. N., Martiny, A., ... & Maldaner, A. O. (2011). Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso. *Química nova*.

Sebastiany, A. P., Pizzato, M. C., Del Pino, J. C., & Salgado, T. D. M. (2013). A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educación química*, 24(1), 49-56.

Machado, H., & Silva, S. (2008). Confiança, voluntariedade e supressão dos riscos: expectativas, incertezas e governação das aplicações forenses de informação genética.

Lessa, A. (2009). Violência e impunidade em pauta: problemas e perspectivas sob a ótica da antropologia forense no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 14, 1855-1863.

Smith, W. F., & Hashemi, J. (2013). *Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais*. AMGH Editora.

Alves, K. D. L., Blum, M. D. L. B., & Borges, W. R. (2013, August). Mapeamento de alvos forenses com GPR 3D. In *13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society & EXPOGEF, Rio de Janeiro, Brazil, 26–29 August 2013* (pp. 849-852). Society of Exploration Geophysicists and Brazilian Geophysical Society.

Capítulo 3

18

UTILIZAÇÃO DE GRAFENO COMO MATERIAL PARA GERAÇÃO E CONTROLE DE ENERGIA

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

O grafeno apresenta propriedades excepcionais, tais como alta estabilidade térmica, elevada área superficial, elevada transmitância ótica (~ 97% para uma única folha de grafeno), entre outras. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de grafeno para geração e controle de energia, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais cerâmicos em supercapacitores híbridos é recente, usando todos os termos-chave, sendo seu marco inicial em 1996, atingindo o número máximo de patentes em 2014, 2016 e 2017. A China e Estados Unidos são considerados os principais países depositários. Contudo, o Brasil encontra-se na lista de país depositante de patentes na área. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A61K e A61P, que é destinada principalmente na aplicação de materiais de grafeno. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais de grafeno para geração e controle de energia é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

Devido à sua estrutura peculiar, o grafeno apresenta propriedades excepcionais, tais como alta estabilidade térmica, elevada área superficial, elevada transmitância ótica (~ 97% para uma única folha de grafeno), entre outras (Mehl et al., 2014; Pastrana-Martínez et al., 2013).

Após a descoberta do grafeno na sua forma “livre” iniciou-se uma espécie de “corrida do ouro”, no qual vários pesquisadores começaram a estudar esse novo material,

aumentando de forma significativa as possibilidades de obtenção do mesmo (Vieira Segundo, 2016; Domingues, 2013). Dentre os métodos que se destacam na sua obtenção encontram-se o método de peeling, descrito anteriormente, o método de deposição química a vapor (CVD) (Hasan e Marion, 2016), que consiste na deposição de carbono sobre a superfície de metais e/ou ligas metálicas, e o método de esfoliação do grafite bulk, que é constituído por sucessivas etapas de oxidação, esfoliação e redução de folhas de grafite (Cordeiro et al., 2015; Rodríguez González, 2008).

Os filmes finos se apresentam como materiais cruciais no desenvolvimento e utilização de novos componentes, como em diversos dispositivos eletrônicos, células solares e OLEDs (Fim, 2012). Estes normalmente atuam em conexões de regiões ativas do dispositivo, na comunicação entre os dispositivos, como fonte dopante, entre outros (Maraschin, 2016). Dependendo de sua área de atuação estes podem ser condutores, semicondutores ou isolantes. Os filmes finos normalmente apresentam propriedades diferentes do seu material na forma bulk, devido à influência da superfície, onde a relação superfície/volume é muito maior no caso do filme (Brant, 2011).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos grafeno, geração, controle, energia, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição

de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2014, 2016 e 2017 tiveram o maior número de depósitos na área, com 27, 20 e 19, respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 1996, mostrando assim que os estudos na área tendem a ser recentes e com o nível de evolução cada vez maior.

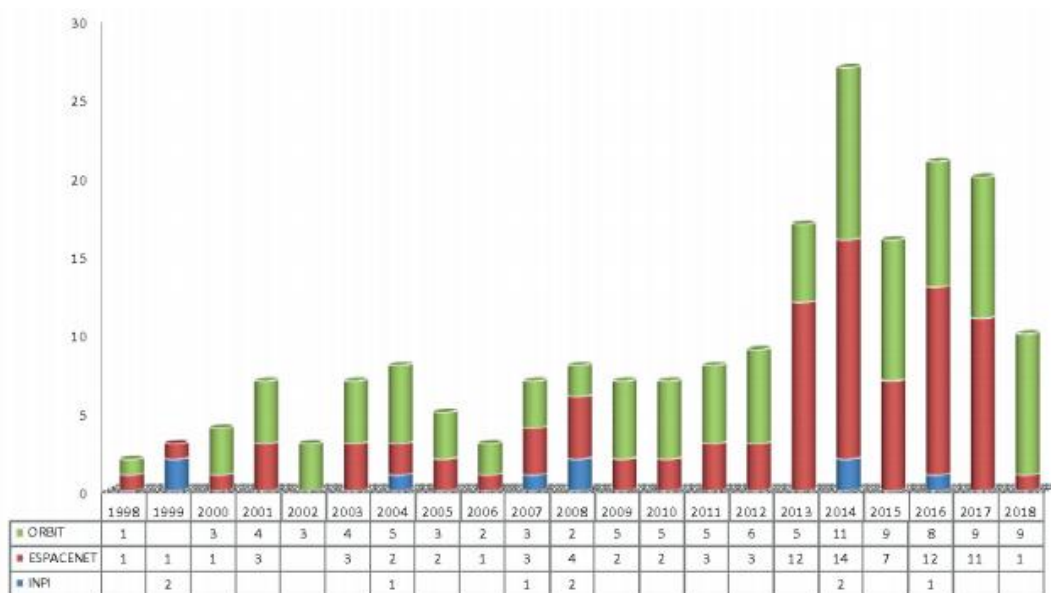
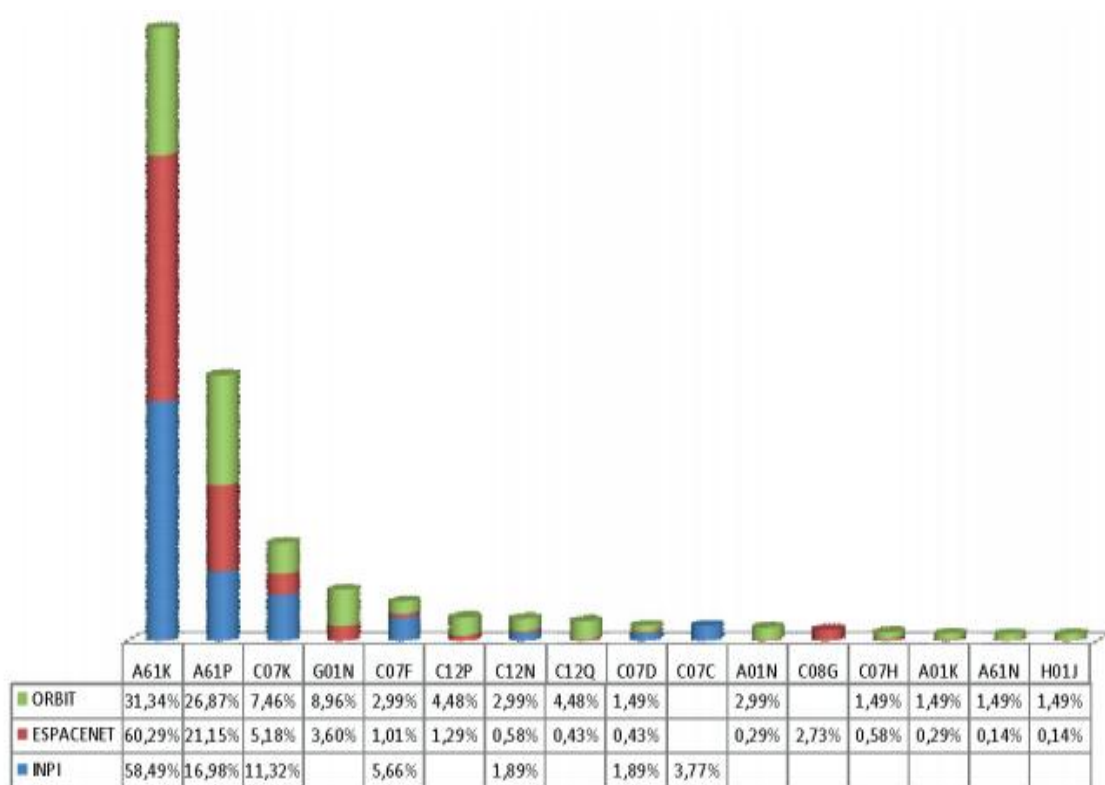


Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais classificações internacionais de patentes, com códigos A61K e A61P. A classificação está relacionada aos materiais de grafeno.

Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.



Na Figura 3, observa-se que a China se destaca com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão Estados Unidos possui a presença do Brasil. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais com grafeno, além de outras áreas de materiais.

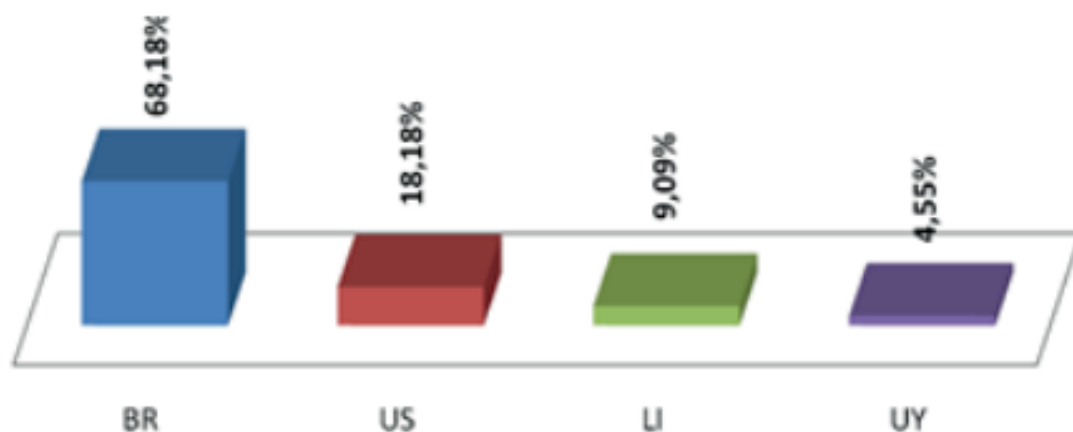


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais cerâmicos em supercapacitores híbridos é recente, usando todos os termos-chaves, sendo seu marco inicial em 1996, atingindo o número máximo de patentes em 2014, 2016 e 2017. A China e Estados Unidos são considerados os principais países depositários. Contudo, o Brasil encontra-se na lista de país depositante de patentes na área. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A61K e A61P, que é destinada principalmente na aplicação de materiais de grafeno. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais de grafeno para geração e controle de energia é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

- Mehl, H., Matos, C. F., Neiva, E. G., Domingues, S. H., & Zarbin, A. J. (2014). Efeito da variação de parâmetros reacionais na preparação de grafeno via oxidação e redução do grafite. *Química Nova*, 37(10), 1639-1645.
- Pastrana-Martínez, L., Morales-Torres, S., Gomes, H., & Silva, A. (2013). Nanotubos e grafeno: os primos mais jovens na família do carbono!. *Química*, 128, 21-27.
- Vieira Segundo, J. E. D., & Vilar, E. O. (2016). Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 11(2).
- Domingues, S. H. (2013). Filmes finos, transparentes e condutores baseados em grafeno.
- Hasan, N. M., & Marion, B. D. G. (2016). Grafeno: inovações, aplicações e sua comercialização. *Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas*, 2(1), 29-40.
- Cordeiro, G. L., Oliveira, R. R., Ferreira, N. A. M., Xavier, G. L., Yoshito, W. K., Lima, N. B., ... & Ussui, V. (2015). Síntese química e caracterização de Grafeno.
- Rodríguez González, C., & Kharissova, O. V. (2008). Propiedades y aplicaciones del grafeno. *Ingenierías*, 11(38), 17-23.

Fim, F. D. C. (2012). Síntese e propriedades de nanocompósitos de polietileno/nanolâminas de grafeno obtidos através de polimerização in situ.

23

Maraschin, T. G. (2016). Preparação de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido e dispersão em matriz polimérica biodegradável.

B

rant, J. C. (2011). Transporte elétrico em nanoestruturas de grafeno: influência da funcionalização, da geometria e da dopagem do substrato. *Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais*.

Capítulo 4**MATERIAIS APLICADOS EM BATERIAS PRÁTICAS DE ÍONS DE SÓDIO**

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

Existem diferentes rotas de processamento para a produção do eletrólito sólido de beta alumina. A mais usada convencionalmente é a reação em estado sólido. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais aplicados em bateria práticas de íons de sódio, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. Os Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão e China são considerados os principais países depositários, com 11, 7, 7 e 6 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A23L2/52, A23L2/38 e A23L2/02, referente a 17, 13 e 10 depósitos respectivamente, que é destinada principalmente na aplicação de materiais cerâmicos na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais usados em baterias práticas de íons de sódio é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

Baterias de beta-alumina de sódio carregam e descarregam eletricidade por meio do transporte de íons de sódio através de um eletrólito sólido de $\beta''\text{-Al}_2\text{O}_3$ dopado com elementos de baixa valência (Marcondes, 2019). Esse tipo de bateria teve um grande avanço durante as décadas de 70 e 80, sendo que aquelas que atingiram plenitude de comercialização foram as baterias de sódio/enxofre (Na-S) e sódio/níquel (Na - NiCl_2) (Bocchi et al., 2020) que geralmente operam em temperaturas elevadas de trabalho (300/350°C) (Afonso et al., 2004; Oliveira, 2018).

A respeito dos eletrodos em uma bateria do tipo ZEBRA, o cátodo tem, em sua composição, cloreto de níquel que, ao reduzir-se, forma níquel metálico e cloreto de sódio (Mendes, 2016). Este, por sua vez, quando impregnado com um eletrólito secundário

NaAlCl_4 , facilita o transporte dos íons de sódio. O anodo é composto por sódio metálico. Com a utilização tanto do cloreto de níquel como a de sódio metálico, é indicado que a montagem das células eletroquímicas da bateria seja realizada em modo descarregado (Santos, 2018).

Existem diferentes rotas de processamento para a produção do eletrólito sólido de beta alumina. A mais usada convencionalmente é a reação em estado sólido, que consiste basicamente em reagir carbonato de sódio e α -alumina com adição de uma pequena quantidade de dopante MgO ou LiO_2 que atuam como estabilizadores da fase cristalina (de Matos, 2007; Duarte, 2018).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos baterias, íons, sódio, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2007, 2009 e 2010 tiveram o maior número de depósitos na área, com 6, 4 e 4,

respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 1988, mostrando assim que os estudos na área tendem a ser recentes e com o nível de evolução cada vez maior.

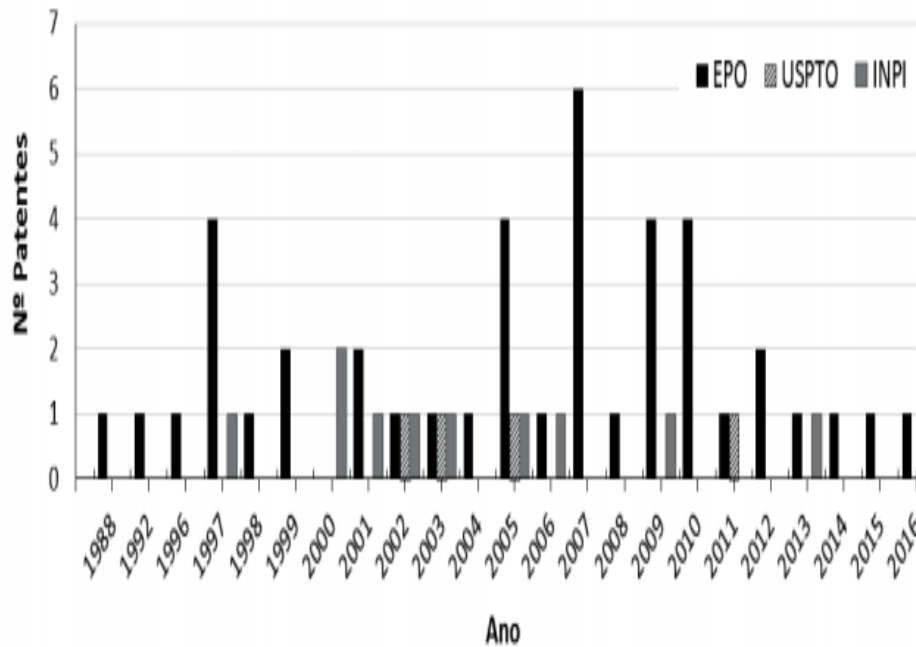


Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais classificações internacionais de patentes, com códigos A23L2/52, A23L2/38 e A23L2/02, referente a 17, 13 e 10 depósitos respectivamente. A classificação está relacionada aos materiais usados em baterias práticas de íons de sódio.

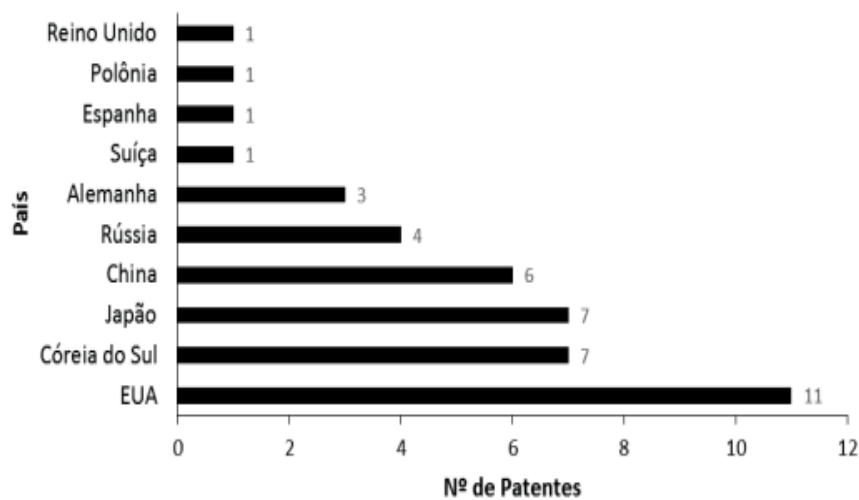


Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.

Na Figura 3, observa-se que os Estados Unidos se destacam com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão Coréia do Sul, Japão e China. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais usados em baterias práticas de íons de sódio, além de outras áreas de materiais.

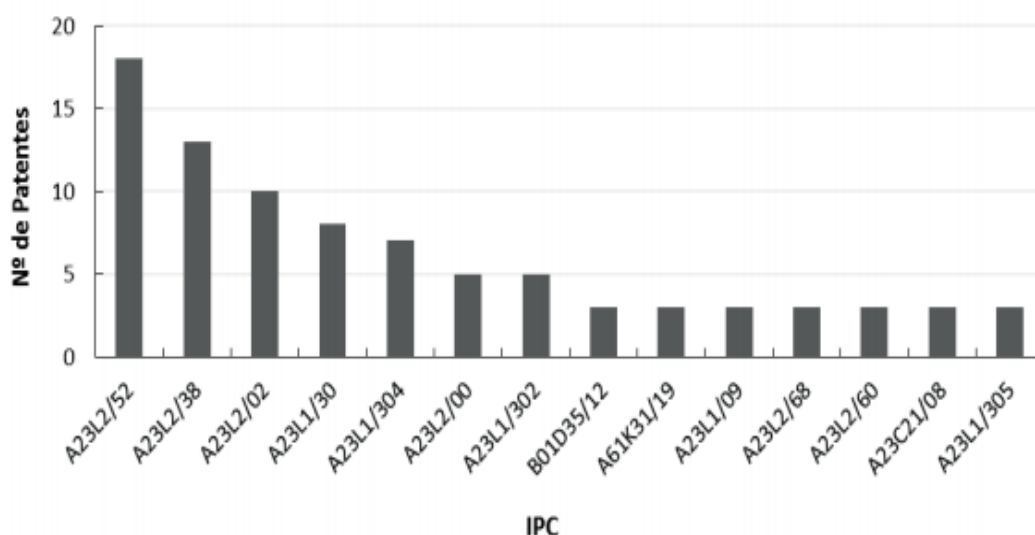


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais usados em baterias práticas de íons de sódio é recente, usando todos os termos chaves, sendo seu marco inicial em 1988, atingindo o número máximo de patentes em 2007, 2009 e 2010. Os Estados Unidos, Coréia do Sul, Japão e China são considerados os principais países depositários, com 11, 7, 7 e 6 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A23L2/52, A23L2/38 e A23L2/02, referente a 17, 13 e 10 depósitos respectivamente, que é destinada principalmente na aplicação de

materiais cerâmicos na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais usados em baterias práticas de íons de sódio é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

Marcondes, A. (2019). Modelo em circuito elétrico equivalente para uma bateria single cell de sódio-cloreto de níquel.

Bocchi, N., Ferracin, L. C., & Biaggio, S. R. (2000). Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na escola*, 11(3).

Afonso, J. C., Busnardo, R. G., & Busnardo, N. G. (2004). Baterias de lítio: novo desafio para a reciclagem. *Ciência Hoje*, 35(205), 73.

OLIVEIRA, A. G. C. D. (2018). Avaliação da influência de íons metálicos sobre o potencial de evolução do hidrogênio utilizando soluções recicladas de baterias automotivas.

Mendes, E. (2016). Modelagem cinética da adsorção e da dessorção de íons zinco por micropartículas de vidro ricas em sódio no desenvolvimento de aluminossilicatos antimicrobianos atóxicos.

Santos, L. G. M. D. (2018). Estratégias de armazenamento de energia elétrica e uma análise de viabilidade econômica da adoção de baterias para gerenciamento pelo lado da demanda. de Matos, R. Q., & Ferreira, O. M. (2007). Recuperação de chumbo de baterias automotivas, análise de risco dos resíduos resultantes.

DUARTE, R. C. D. O. (2018). Estudo eletroquímico a partir de traços de íons metálicos encontrados em soluções recicladas de baterias chumbo-ácido.

Capítulo 5**ESTUDOS SOBRE MATERIAIS OCOS COMPOSTOS DE CARBONO PARA
BATERIAIS DE LÍTIO-ENXOFRE**

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

Cada célula é constituída no mínimo por quatro componentes: dois elétrodos, um eletrólito e um separador. Os materiais que compõem estes componentes podem ser variados. O ânodo é o eletrodo negativo que constitui o agente de redução (oxida-se) e o cátodo, o eletrodo positivo é o agente de oxidação (reduz-se). O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. A China, Reino Unido e Japão são considerados os principais países depositários, com 118, 80 e 59 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta posição em nível de depósitos. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

Os supercondensadores são uma tecnologia que se distingue do convencional condensador pela sua grande capacitância e pelo facto de os seus elétrodos apresentarem uma maior área de superfície, e a camada elétrica entre este e o eletrólito ser mais fina (Almeida, 2015). Os supercondensadores de dupla camada são os que apresentam um menor custo. Durante o processo de carregamento destes, os íons do eletrólito deslocam-se para os elétrodos com carga oposta (Rodrigues et al., 2014). A degradação em caso de descarga profunda é mínima, chegando a aguentar 5×10^5 ciclos com profundidade de descarga de 100%. A sua elevada eficiência (85 a 98%) e os rápidos tempos de carregamento e descarga são outras das vantagens desta tecnologia. Apesar de terem uma elevada

densidade de potência, apresentam uma baixa densidade energética e os seus custos são ainda muito elevados para a sua comercialização em sistemas industriais (Távora, 2016).

Cada célula é constituída no mínimo por quatro componentes: dois eléctrodos, um eletrólito e um separador. Os materiais que compõem estes componentes podem ser variados. O ânodo é o eléctrodo negativo que constitui o agente de redução (oxida-se) e o cátodo (Lopes, 2016), o eléctrodo positivo é o agente de oxidação (reduz-se). O eletrólito situa-se entre os dois eléctrodos e funciona como meio para que as espécies iónicas se possam movimentar, podendo ser sólido ou aquoso (Munhoz, 2016). Durante a descarga os ions formados pela oxidação no ânodo atravessam o eletrólito até chegarem ao cátodo enquanto os elétrons produzidos viajam através de um circuito externo a partir do ânodo originando assim a eletricidade, sendo a carga do circuito a fonte que necessita da energia eléctrica da bateria (de Brito, 2017; Sampaio, 2012).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos materiais, carbono, bateria, lítio-enxofre, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2014, 2012 e 2016 tiveram o maior número de depósitos na área, com 22, 14 e 17, respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 1906, mostrando assim que os estudos na área tendem a serem bem desenvolvidos e com o nível de evolução cada vez maior.

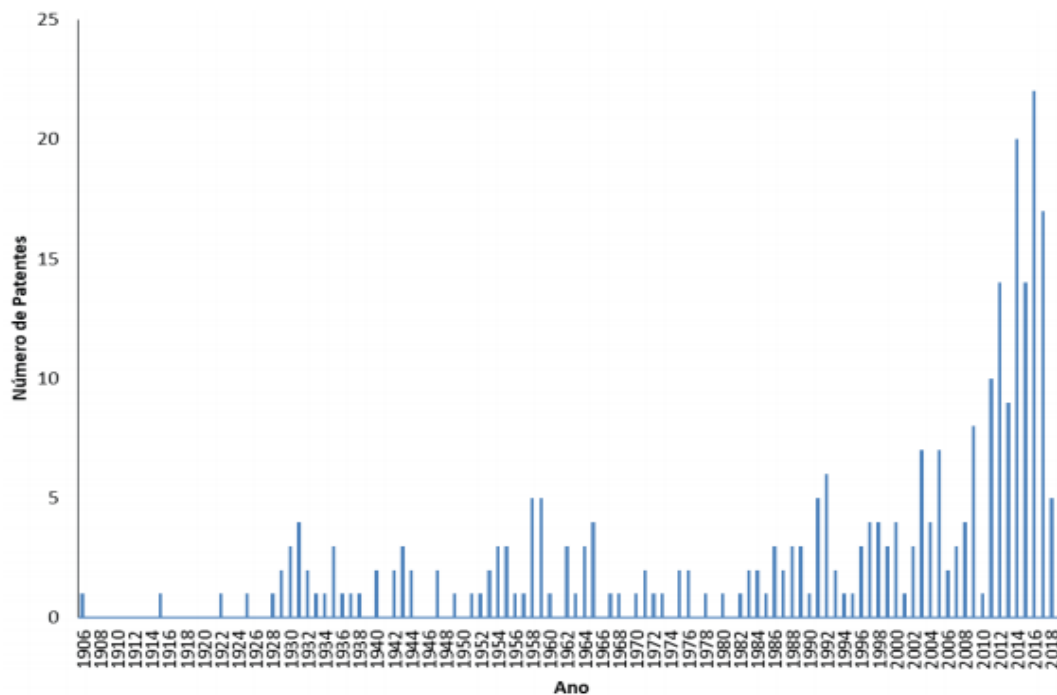


Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais empresas que fazem os depósitos de patentes, sendo Ciba Ltda., Henry Dreyfus; Fuji Photo Film, referente a 7, 5 e 5 depósitos respectivamente. A classificação está relacionada aos materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre.

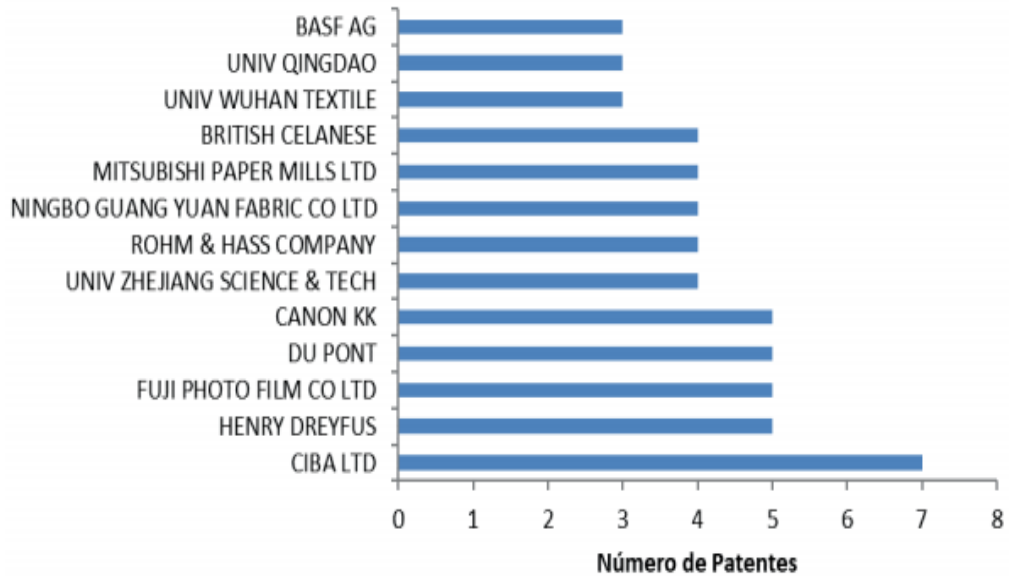


Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.

Na Figura 3, observa-se que a China se destaca com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão Reino Unido e Japão. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre, além de outras áreas de materiais.

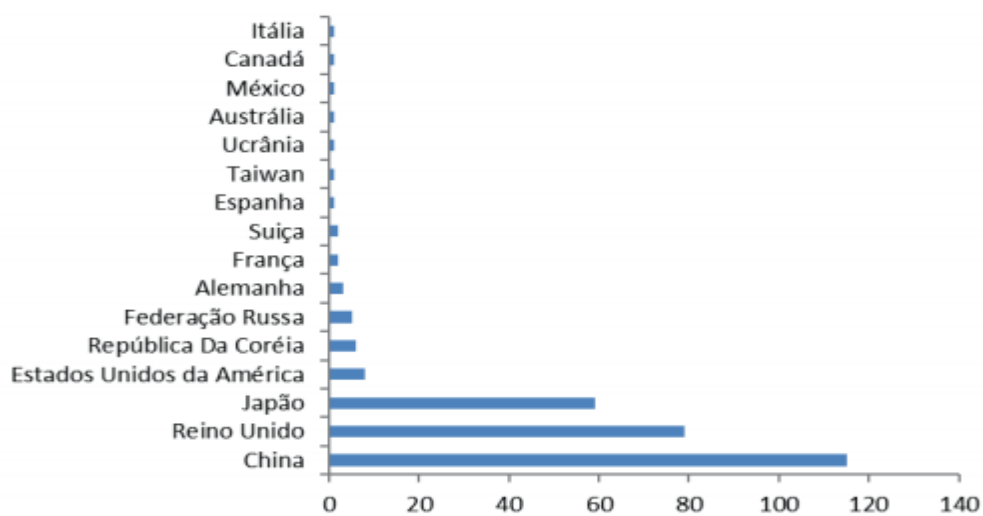


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre avança cada vez mais, usando todos os termos-chaves, sendo seu marco inicial em 1906, atingindo o número máximo de patentes em 2014, 2012 e 2016. A China, Reino Unido e Japão são considerados os principais países depositários, com 118, 80 e 59 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta posição em nível de depósitos. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais compostos de carbono para bateria lítio-enxofre é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

Almeida, C. M. (2015). *Avaliação das propriedades eletroquímicas de polímeros de enxofre através de voltametria cíclica* (Doctoral dissertation) do CBP Rodrigues, M., Oliveira, J. G., Ferreira, A. A., Barbosa, P. G., & Braga, H. A. (2014).

Conexão de veículos elétricos à rede de energia elétrica para recarga de baterias: Uma visão geral. *Revista Eletrônica de Potência*, 19(2), 193-207.

Távora, G. P. (2016). *Análise da evolução tecnológica na área das baterias elétricas* (Doctoral dissertation).

Lopes, M. D. M. Lítio--Características, Ocorrências, Produção E Uso. Munhoz, I. P. Liga De Magnésio Como Material Para Bateria De Alta Densidade Energética. de Brito, F. J. C. (2017). Simulação de Estratégias de Operação Agregada de Sistemas de Armazenamento Distribuídos em Parques Eólicos e Centrais Fotovoltaicas.

Sampaio, N. M. A. (2012). *Estudo da viabilidade técnica e económica da conversão para veículo elétrico* (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto).

Capítulo 6

34

TINTAS APLICADAS EM MATERIAIS TERMOELÉTRICOS E GERADORES DE ENERGIA

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

Atualmente, os supercapacitores são uma das tecnologias mais promissoras para melhorar o gerenciamento, aumentar a eficiência, o desempenho e a qualidade dos sistemas de armazenamento e de suprimento de energia elétrica. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais cerâmicos aplicados em supercapacitores híbridos, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. A Nigéria, Taiwan e México são considerados os principais países depositários, com 90, 82 e 38 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta posição em nível de depósitos. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A61K, A61P e A23L, que é destinada principalmente na aplicação de Materiais Termoelétricos. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos Materiais Termoelétricos e Geradores de Energia é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

O setor de energia elétrica, a área que se dedica ao estudo da inserção de novos parques geradores de energia no sistema é denominada planejamento da expansão. Nesta área, as decisões de localização e instalação de novas usinas devem ser amplamente analisadas, a fim de se obter os diversos cenários proporcionados pelas alternativas geradas (Dalla Costa, 2013).

Em sistemas hidrotérmicos de potência, com predominância de geração hidráulica, como é o caso do Brasil, uma grande parte dos estudos na área de planejamento é referente à construção de usinas hidroelétricas, as quais são localizadas nos grandes rios e, em sua maioria, distantes dos centros de carga (Carvalho, 2018; Carvalho Neto, 2018). Por este e

por outros fatores, a matriz energética brasileira tende a ser gradualmente alterada pela inserção de usinas termoeletricas (UTES) (Gonçalves, 2017).

A escolha da tecnologia a ser implantada é uma das características mais relevantes do processo de localização de UTE. Definido o tipo de tecnologia a ser utilizado, é selecionado o combustível para a geração de energia elétrica, além do tipo de transporte até o local (Motta, 2011).

Os atributos relacionados a este critério são: custo de instalação do equipamento, capacidade de produção de energia elétrica, vida útil dos equipamentos, quantidade de água necessária para resfriamento das turbinas, emissão de substâncias poluentes, etc. Alguns destes atributos serão considerados diretamente no custo do investimento do projeto e outros incidirão sobre critérios ambientais, como a poluição e disponibilidade de água do local (Azevedo, 2016; Baumgart, 2018).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos tintas, materiais termoeletricos, geradores de energia, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizado a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2016 e 2017 tiveram o maior número de depósitos na área, com 30 e 40, respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 2008, mostrando assim que os estudos na área tendem a ser recentes e com o nível de evolução cada vez maior.

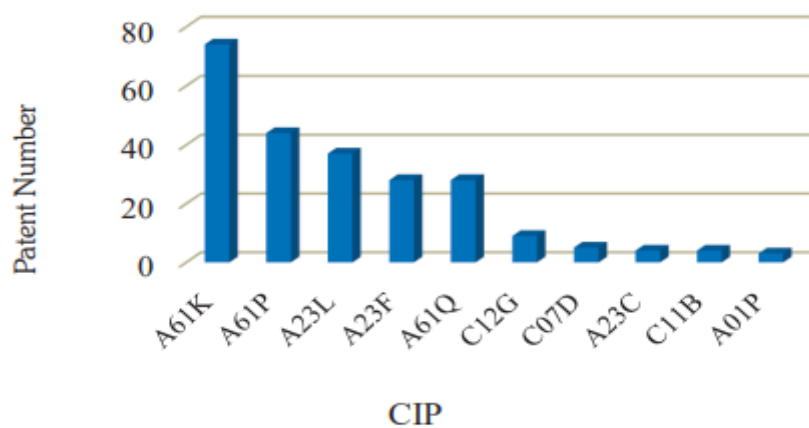


Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais classificações internacionais de patentes, com códigos A61K, A61P e A23L, referente a 70, 40 e 35 depósitos respectivamente. A classificação está relacionada aos Materiais Termoelétricos e Geradores de Energia.

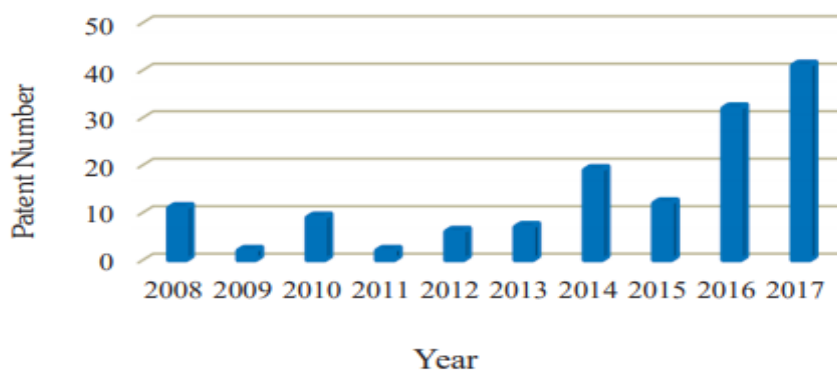


Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.

Na Figura 3, observa-se que a Nigéria se destaca com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão Taiwan e México. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes Materiais Termoelétricos e Geradores de Energia, além de outras áreas de materiais.

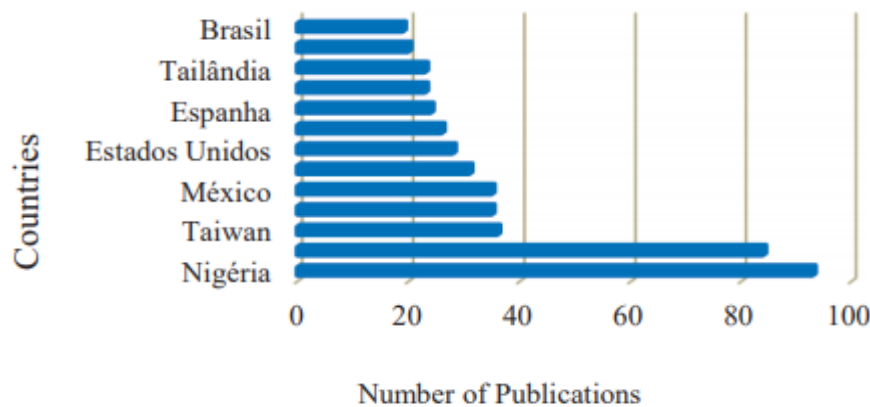


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de Materiais Termoelétricos e Geradores de Energia, usando todos os termos chaves, sendo seu marco inicial em 2008, atingindo o número máximo de patentes em 2009, 2010, 2016 e 2017. A Nigéria, Taiwan e México são considerados os principais países depositários, com 90, 82 e 38 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. Contudo, o Brasil encontra-se em quinta possível em nível de depósitos. Dentre as principais subclasses nas quais os documentos encontram-se alocados está A61K, A61P e A23L, que é destinada principalmente na aplicação de Materiais Termoelétricos. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos Materiais Termoelétricos e Geradores de Energia é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

- Dalla Costa, R. R. (2013). Inserção de microcápsulas no processo de impressão a jato de tinta líquida por sistema termoelétrico.
- Carvalho, R. M. (2018). Desenvolvimento de Dispositivos Termoelétricos Impressos Flexíveis.
- Carvalho Neto, A. P. D. (2018). Aperfeiçoamento da Geração de Energia a partir de Termopares Através do Gradiente de Temperatura.
- GONÇALVES, F. D. R. (2017). Efeito do Eutético CuO-TiO₂ nas propriedades termoelétricas de Cerâmicas de CaCu₃Ti₄O₁₂.
- Motta, R. R. B. D. (2011). Técnicas de energia elétrica sustentável aplicadas em edificações.
- Santos, V. C. (2014). *Aplicação de sistemas de geração de energia nos pavimentos rodoviários* (Master's thesis).
- Azevedo, P. K. (2016). Desenvolvimento de um sistema supervisor e lógicas de CLP no ambiente de Geração de Energia.
- Baumgart, B. (2018). Estudo do Estado-da-arte da utilização de algas e microalgas para geração de energia biofotovoltaica.

ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE O USO DE NANOCOMPÓSITOS COM MATRIZ CERÂMICA APLICADOS EM REVESTIMENTOS DE AÇO CARBONO COMO PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

Hitalo de Jesus Bezerra da Silva; Valdivânia Albuquerque do Nascimento; João Batista de Oliveira Libório Dourado; Moisés das Virgens Santana; Bruna Leal Melo de Oliveira; Humberto Denys de Almeida Silva

Resumo

O contato direto com a atmosfera ou qualquer outro meio contendo oxigênio, água ou umidade, produz no aço carbono uma forma de corrosão generalizada, com a formação de camadas de óxidos. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico de nanocompósito com matriz cerâmica aplicado em revestimento de aço carbono para anticorrosão, com estudos nas bases de dados de patentes INPI, DERWENT, ESPACENET, USPTO, e na base de dados de artigos Web of Science, Scielo e Scopus.

Palavras-chave: aço carbono; corrosão; matriz cerâmica; nanocompósito.

1. Introdução

O aço carbono é a liga metálica mais largamente utilizada para construção de estruturas e equipamentos devido as suas excelentes propriedades mecânicas. Em geral define-se, metalurgicamente, “aço carbono” como sendo uma liga de ferro contendo entre 0,05 e 2,0% em massa de carbono. Além do ferro e do carbono, esses aços contêm sempre alguma quantidade de manganês, enxofre e fósforo, podendo apresentar ainda pequena quantidade de silício, alumínio e cobre (RODRIGUES et al., 2019). A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material aliada ou não a esforços mecânicos e, no caso dos metais, ocorre de modo espontâneo envolvendo processos químicos ou eletroquímicos influenciados pela natureza do metal, pelo meio corrosivo e as condições operacionais do sistema, tornando necessário definir um método para proteção visando evitar ou reduzir os

danos causados pela corrosão (ROCHA et al. 2014).

Nanocompósitos constituem uma classe de materiais formados por híbridos de materiais orgânicos e inorgânicos, onde a fase inorgânica está dispersa em nível nanométrico em uma matriz polimérica. Esta classe de materiais começou a ser estudada na década de 1980 pelo Laboratório de Pesquisa da Toyota com o desenvolvimento de nanocompósitos de poliamida e argila (BOURBIGOT et al., 2002; ALEXANDRE et al., 2000).

A fase inorgânica mais utilizada na preparação de nanocompósitos poliméricos é a argila montmorilonita de origem natural, cuja razão de aspecto é bastante elevada. Apresenta boa capacidade de delaminação somada à alta resistência a solventes e estabilidade térmica necessária aos processos de polimerização e de extrusão, fatores que levaram à sua popularização como carga para nanocompósitos com eficácia comprovada (WEI et al. 2018).

Atualmente, o uso do composto fosfato como partículas inorgânicas para melhorar a resistência à corrosão do revestimento se popularizou devido às suas propriedades promissoras (DEYAB, et al. 2016). As partículas de fosfato reagem com superfície de metal formando camada protetora e bloqueia os poros de revestimento o que melhora as propriedades anti-corrosão do revestimento (DEYAB et al. 2015).

Argilas são minerais filossilicatos que conferem plasticidade e endurecem após secagem ou queima (GUGGENHEIM, et al. 1995). O uso dessa família mineral é principalmente com base em sua grande área superficial, capacidade de troca catiônica e baixa toxicidade (AGUZZI et al., 2007). As propriedades funcionais mais importantes destes minerais são a capacidade de adsorção e troca de cátions, a solubilidade e as propriedades reológicas (CARRETERO et al., 2009).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico de nanocompósito com matriz cerâmica aplicado em revestimento de aço carbono para anticorrosão, com estudos nas bases de dados de patentes INPI, DERWENT, ESPACENET, USPTO, e nas bases de dados de artigos *Web of Science*, Scielo e Scopus.

Metodologia

A prospecção foi baseada na pesquisa de patentes depositadas e de artigos publicados. Os bancos de dados utilizados para busca de anterioridade de patentes foram: *European Patent Office* (EPO) - Instituto Europeu de Patentes, *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) – Departamento de Comércio dos Estados Unidos, Derwent, e Instituto Nacional da Propriedade Industrial do Brasil (INPI). Para os artigos científicos, foram realizadas buscas nas bases de periódicos *Web of Science*, SCIELO e SCOPUS. O levantamento de todos os dados foi realizado em dezembro de 2018.

Inicialmente, as pesquisas foram realizadas para rastrear patentes e artigos com aplicação de nanocompósito com matriz cerâmica, através do uso das palavras-chave “*nanocomposite and matrix and ceramics*”, no título e no *abstract*.

Procurou-se também a aplicação para proteção contra corrosão, na tentativa de maior abrangência de número de documentos de patentes e artigos, utilizando os termos “*nanocomposite and matrix and ceramics*” com “*steel and protection and corrosion*”. As buscas com essas palavras-chave foram realizadas envolvendo as bases de dados científicos (artigos) e bancos de dados de patentes, os quais foram descritos à priori. Neste trabalho foram utilizadas as mesmas combinações de palavras-chave para o banco de dados nacional, porém escritas em português.

Resultados e Discussão

O levantamento realizado demonstrou que a combinação de palavras-chave mais adequada para o escopo do estudo foi “*nanocomposite and matrix and ceramic and steel and protection and corrosion*”, que apresentou 7 resultados de documentos patentários na base USPTO, e o número de 10 e 5 artigos para as bases Scopus e *Web of Science*, respectivamente (Tabela 1). Desse modo, levou-se em consideração, para a construção dos gráficos, apenas os resultados dessa combinação de palavras-chave determinada. Devido ao baixo número de resultados encontrados entre artigos publicados e patentes depositadas, tendo por base

a conexão obtida através das combinações de palavras-chave, é possível verificar o quanto inovador é esse tema, bem como o elevado potencial de discussão e estudos sobre essa vertente, podendo levar a importantes avanços e grandes aplicações tecnológicas.

Tabela 1 – Estratégia de busca utilizada para a realização das análises patentária e bibliométrica

PALAVRAS-CHAVE	INPI	USPTO	DERWENT	ESPACENET	SCIELO	SCOPUS	WEB OF SCIENCE
<i>nanocomposite</i>	131	1035	8207	8695	61	97437	92103
<i>nanocomposite and matrix</i>	33	766	1157	1294	19	25561	23192
<i>nanocomposite and matrix and ceramic</i>	0	305	123	56	0	1296	1256
<i>nanocomposite and matrix and ceramic and steel</i>	0	121	11	0	0	72	62
<i>nanocomposite and matrix and ceramic and steel and protection</i>	0	20	0	0	0	11	6
<i>nanocomposite and matrix and ceramic and steel and protection and corrosion</i>	0	7	0	0	0	10	5

Autoria própria (2018).

A distribuição de artigos por ano de publicação, de modo que é possível verificar a importância e novidade em relação à temática, em que período se deu maior expressividade no tocante às pesquisas sobre a tecnologia, e qual o nível da produção dos pesquisadores de acordo com os registros contabilizados pelo levantamento bibliométrico.

Observa-se que as publicações ficaram compreendidas no horizonte temporal entre 2010 e 2015, caracterizando, assim, um curto período de publicação, no qual o maior número de registros encontrados pela busca foi de 4 publicações para o ano de 2010, que se repetiu em 2014, com o mesmo número.

O país que detém o maior número de publicações para a vertente temática em estudo é a Índia, contabilizando um total de 4 publicações, seguido pelo México e a Itália,

os quais somam juntos 4 publicações, e, por último, vêm a Romênia e a Arábia Saudita, com 1 publicação cada. Não obstante, foram levantadas pela busca 5 publicações com origem indefinida, sendo que as mesmas correspondem a artigos publicados em anais de congressos científicos, contudo, com origens não especificadas nas bases de periódicos.

O levantamento bibliométrico também registrou a distribuição do número de artigos por área de publicação, que representa as principais áreas temáticas para as quais estão voltados os artigos encontrados através da busca, tendo como principal objetivo dessa análise tomar ciência sobre o enfoque dos pesquisadores para cada uma das vertentes temáticas da tecnologia em estudo.

A principal área de publicação é de Ciência de Materiais, a qual engloba 37% dos artigos encontrados, e, em seguida, vem a área da Engenharia, contando com 22% do volume de publicações. Física e Astronomia é o terceiro campo temático com maior representatividade para o levantamento realizado, com 14%. As demais vertentes possuem enfoque mais variados, como Engenharia química (8%), Química, e Metalurgia e Engenharia Metalúrgica, ambos os campos temáticos representando 5% dos artigos publicados cada um, e, por fim, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, Físico-química, e Eletroquímica, representando, cada um deles, 3% dos artigos levantados através da pesquisa.

Dentre os artigos encontrados por meio da busca nas bases de periódicos, observou-se que são utilizados diferentes tipos de materiais nanocompósitos para aplicações em revestimentos, seja para ferramentas mecânicas ou mesmo para dispositivos médicos. As propriedades dos compósitos estão intimamente ligadas à área da superfície de interface e da intensidade de interação intermolecular entre matriz e carga, por isso a dispersão em nanoescala de cargas ou nanoestruturas controladas no compósito pode introduzir propriedades físicas e novos comportamentos desejados, ausentes em matrizes não preenchidas (PATIL, 2015).

Dentre os artigos encontrados, destaca-se *Study of the influence of sonication during the electrodeposition of nickel matrix nanocomposite coatings on the protective properties*, que realizou um estudo sobre as propriedades dos revestimentos nanocompósitos com matrizes de

níquel, utilizando dois nanopós, carvão de silício e alumina, aplicados a revestimentos em substrato de aço. O artigo *Effect of ZrO₂:SiO₂ dispersion on the thermal stability, mechanical properties and corrosion behavior of hybrid coatings deposited on carbon steel* realizou um estudo sobre a preparação de nanocompósitos utilizando a incorporação direta de nanopartículas de ZrO₂:SiO₂ em matriz de poliuretano (PU), para reforçar revestimentos de PU em retardar a corrosão e melhorar as propriedades mecânicas do aço carbono.

1.1. Análise de documentos patentários

A partir das pesquisas realizadas nas bases de patentes, utilizando como estratégia de busca a combinação de palavras-chave relacionada à priori, o levantamento de documentos patentários contabilizou 7 registros na base USPTO, os quais foram depositados entre os anos de 1999 e 2016, e, em contrapartida, não encontrou nenhum registro para as bases INPI, DERWENT e ESPACENET.

É importante destacar que as patentes encontradas estão relacionadas a filmes de nanocompósitos, métodos de preparação, mostrando a importância na formação de materiais para revestimento e com características protetoras. Por outro lado, superfícies não protegidas tendem a ter sua vida útil reduzida, seja também pela má distribuição do revestimento sobre a superfície do material, comprometendo sua durabilidade, de modo que a corrosão é capaz de atingir pontos onde não houve perfeita dispersão do agente protetor.

Assim sendo, desde o ano em que se depositou a primeira patente (1999), o número de registros tem se mantido sem nenhuma variação, contabilizando apenas 1 depósito por ano, variando apenas os intervalos entre os depósitos. Desde o primeiro registro, não foi encontrada na busca nenhuma outra patente até o ano de 2004, no qual se deu o segundo depósito. De 2008 a 2010 três patentes foram depositadas consecutivamente, uma a cada ano, contudo, logo após, deu-se mais um período sem registros até 2014. Os anos de 2015 e 2016 foram os dois últimos anos nos quais a busca registrou depósitos de patentes, sendo, portanto, uma patente depositada para cada ano.

Uma patente pode receber inúmeras classificações, a depender da área tecnológica em que estão compreendidas. Assim sendo, ressalta-se os três primeiros códigos, seguindo aquele de maior ocorrência, o H01B (cabos; condutores; isoladores; uso de materiais específicos devido as suas propriedades condutoras, isolantes ou dielétricas), em seguida vem H01M (processos ou meios, p. ex. baterias, para a conversão direta da energia química em energia elétrica), e B32B (produtos em camadas, i.e. produtos estruturados com camadas de forma plana ou não plana, p. ex. em forma celular ou alveolar).

Esse mecanismo de classificação é de suma importância no sentido de organizar, de forma sistemática e universal, o grande volume de tecnologias criadas a cada ano, como também para facilitar a sua busca quando da infinidade de documentos depositados nos diversos escritórios de patentes ao redor do mundo.

Conclusão

Por tudo isso, considera-se que a avaliação do potencial tecnológico de nanocompósito com matriz cerâmica aplicado em revestimento de aço carbono para anticorrosão demonstrou ser de grande relevância, se confirmando através da realização de buscas de anterioridades nas bases de periódicos e de documentos patentários, de modo que o levantamento desses dados mostrou que o tema em estudo foi pouco explorado pelos pesquisadores, o que se percebe em função dos poucos números de artigos publicados e patentes depositadas nas bases de dados.

Como discutido, ainda são poucos os países que perceberam a relevância do tema proposto, sendo a Índia o país com o maior número de publicações, e, atrelado a isso, percebeu-se também o quão intermitente foram essas publicações. Quanto a área de publicação, notou-se que a Ciência de Materiais engloba o maior número de artigos publicados. Semelhantemente, se tratando das patentes, é possível verificar que poucos foram os países que desenvolveram tecnologias com esse foco, sendo que também não há uma tendência de continuidade no período em que se registrou os depósitos das patentes,

representando também períodos intervalados, ficando esses documentos classificados, principalmente, sob o código H01B que abrange os cabos; condutores; isoladores; uso de materiais específicos devido as suas propriedades condutoras, isolantes ou dielétricas.

Não obstante, é importante salientar a importância dessa temática no que tange a pesquisa e o desenvolvimento (P&D), o estudo sistemático dos conceitos que ela abrange, bem como seu grande potencial tecnológico. Desse modo, acredita-se que o tema tem ainda muito a ser discutido, e credita-se também que o Brasil pode ter desempenhos significativos com a expansão e visualização do mesmo.

Como sugestão para estudos futuros, tendo em vista a importância da proteção de sistemas mecânicos que suportam componentes suscetíveis à corrosão e os mais variados mecanismos de intervenção, indica-se, então, pesquisas sobre a influência da biocorrosão sobre o desgaste de tubulações de petróleo e gás, como também o estudo sobre o desgaste de componentes e estruturas metálicas utilizadas na construção civil, tendo por objetivo encontrar soluções para esses problemas de caráter emergencial.

Referências

AGUZZI, C., CEREZO, P., VISERAS, C., & CARAMELLA, C. Use of clays as drug delivery systems: possibilities and limitations. **Applied Clay Science**, v. 36, n. 1-3, p. 22-36, 2007.

ALEXANDRE, M., & DUBOIS, P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 28, n. 1-2, p. 1-63, 2000.

BOURBIGOT, S., DEVAUX, E., & FLAMBARD, X. Flammability of polyamide-6/clay hybrid nanocomposite textiles. **Polymer Degradation and Stability**, v. 75, n. 2, p. 397-402, 2002.

CARRETERO, M. I., & POZO, M. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry: Part I. Excipients and medical applications. **Applied Clay Science**, v. 46, n. 1, p. 73-80, 2009.

DEYAB, M. A., EDDAHAOUI, K., ESSEHLI, R., BENMOKHTAR, S., RHADFI, T., DE

RICCARDIS, A., & MELE, G. Influence of newly synthesized titanium phosphates on the corrosion protection properties of alkyd coating. **Journal of Molecular Liquids**, v. 216, p.

699- 703, 2016.

DEYAB, M. A., ESSEHLI, R., & EL BALI, B. Performance evaluation of phosphite $\text{NaCo}(\text{H}_2\text{PO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ as a corrosion inhibitor for aluminum in engine coolant solutions. **RSC Advances**, v. 5, n. 60, p. 48868-48874, 2015.

DEYAB, M. A.; ESSEHLI, R.; EL BALI, B. Inhibition of copper corrosion in cooling seawater under flowing conditions by novel pyrophosphate. **RSC Advances**, v. 5, n. 79, p. 64326-64334, 2015.

GUGGENHEIM, S., & MARTIN, R. T. Definition of clay and clay mineral: joint report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees. **Clays and clay minerals**, v. 43, n. 2, p. 255-256, 1995.

PATIL, Shivendra Shravan et al. NANOFILLERS IN SURFACE COATINGS: A REVIEW. **Moroccan Journal of Chemistry**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. Mor. J. Chem. 3 N°4 (2015) 730-740, nov. 2015.

ROCHA, J. C., GOMES, J. A. C. P. & D'ELIA, E. Aqueous extracts of mango and orange peel as green inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid solution. **Materials Research**, 17(6), 1581- 1587, 2014.

RODRIGUES, J. P. C., & LAÍM, L. Comparing fire behaviour of restrained hollow stainless steel with carbon steel columns. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 153, p. 449-458, 2019.

WEI, Q., WANG, X., NING, X., LI, X., SHAO, J., LI, H., ... & HOU, B. Characteristics and anticorrosion performance of $\text{WSe}_2/\text{TiO}_2$ nanocomposite materials for 304 stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 352, p. 26-32, 2018.

Capítulo 8

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CERÂMICA AVANÇADA OBTIDA PELO MÉTODO DE PRECIPITAÇÃO

Valdivânia A. do Nascimento, Moisés das Virgens Santana, Walber Alves Freitas, Hitalo de Jesus Bezerra da Silva, Humberto Denys de Almeida Silva, João Batista de Oliveira Libório Dourado, Bruna Leal Melo de Oliveira

RESUMO

Os tungstatos são materiais que têm despertado um grande interesse tecnológico devido às suas propriedades eletro-ópticas, para as mais variadas aplicações dentro de faixa específica do espectro fotoluminescente. O trabalho propõe a síntese de tungstato de níquel (NiWO_4) pelo método de coprecipitação e tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperatura. A caracterização dos produtos foi realizada por Raman, DRX, FTIR e FRX. Verificando a formação de partículas de NiWO_4 com pureza e homogeneidade em diferentes temperaturas, apresentando ordenamento estrutural.

Palavras-chave: tungstato de níquel, temperatura, ordenamento estrutural.

INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo o desenvolvimento de novos materiais cerâmicos com propriedades ópticas de alta eficiência, se apresenta como um processo de grande valor agregado. As várias aplicações destes compostos são na produção de lâmpadas fluorescentes econômicas, imagens médicas de raios-X, tubos de televisão a cores, tomógrafos computadorizados e *lasers* de estado sólido, entre outros. (LIMA JÚNIOR, 2008). Neste contexto, os tungstatos em geral são materiais que têm despertado um grande interesse tecnológico devido às suas propriedades eletro-ópticas, para as mais variadas aplicações dentro de faixa específica do espectro fotoluminescente (LIMA JÚNIOR, 2008).

Materiais cerâmicos pertencentes à família do tipo *scheelita*, os tungstatos, apresentam fórmula geral ABO_4 (onde $A = \text{Ba}$ e $B = \text{W}$), têm uma longa história de aplicações eletro-

ópticas e fotoluminescentes (JONG WON *et al.*, 2006). Assim, tornaram-se objeto de extensivas pesquisas com foco nas suas excelentes propriedades ópticas e estruturais, formando a base do seu largo uso como fósforos, cintiladores e detectores de alta temperatura (MIKHAILIK *et al.*, 2006), fotoanodos, hospedeiros para laser do estado sólido e fibras ópticas (KUZMIN *et al.*, 2001).

Com o objetivo de melhorar e aperfeiçoar as propriedades destes materiais, várias metodologias e técnicas de preparação têm sido desenvolvidas. Um método, que vem se destacando entre outros métodos de síntese devido à facilidade de obtenção de óxidos nanométricos à temperatura ambiente a partir de uma solução aquosa utilizando sais solúveis no meio é o método de coprecipitação (LONGO *et al.*, 2004).

A síntese de materiais cerâmicos normalmente envolve tratamentos térmicos em temperaturas elevadas. Algumas alternativas que vêm sendo muito exploradas são as sínteses em soluções que têm se mostrado um caminho adequado para a obtenção de materiais cerâmicos avançados com formas e tamanhos controlados (TSARYUK *et al.*, 2001).

A técnica solvothermal, denominada hidrotermal quando o solvente empregado é a água, é utilizada quando materiais não solúveis em condições normais, na presença de solventes e sob condições de alta pressão e temperatura, são dissolvidos e em seguida recristalizados, podendo-se obter cristais simétricos de alta pureza e homogeneidade (BYRAPPA & ADSCHIRI, 2007). O tungstato de níquel (NiWO_4) cristaliza em uma estrutura de *wolframita*, grupo espacial P2/c. A coordenação em torno de tungstênio e níquel é de seis átomos, com arestas de compartilhamento octaedro e estrutura cristalina monoclinica. Possui propriedades de aplicação em cintiladores, mecanismos termoluminescentes, fotocatalise para a remoção de poluentes (SMITH, 1995).

A estrutura de cristal de NiWO_4 é monoclinica-*wolframita* com o tipo grupo espacial P2/c. Existem duas unidades de fórmula ($Z = 2$) por célula primitiva, tendo os parâmetros de rede $a = 4,5992 \text{ \AA}$, $b = 5,6606 \text{ \AA}$, $c = 4,9068 \text{ \AA}$, e $\beta = 90.03^\circ$. A presença de dois átomos de oxigênio não-equivalentes é responsável por três pares de Ni-O, com diferentes comprimentos. Assim, ambos átomos de Ni e W estão rodeados por seis átomos de

oxigênio, formando coordenação octaédrica distorcida (KUZMIN *et al.*, 2011).

Neste trabalho serão descritos os resultados obtidos da síntese de pós de NiWO_4 sintetizados pelo método de precipitação, e crescidos por tratamento hidrotérmico sob variadas temperaturas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tungstatos

O uso de tungstatos tem uma longa história de aplicações tecnológicas, tendo sido objeto de extensa pesquisa científica, neste último século. O interesse contínuo nesses materiais surge do fato de eles apresentarem excelentes propriedades ópticas, sendo utilizados em fibras ópticas, como material fotoluminescente, laser, cintiladores e detectores (LAKE *et al.*, 1997). Os tungstatos de metais de transição são de especial importância comercial devido as suas propriedades magnéticas e condutividade elétrica (MATHEW *et al.*, 1992).

Os tungstatos apresentam em sua composição química o metal tungstênio (W), onde o mesmo apresenta características especiais, tais como, elevado ponto de fusão, elevada resistência e dureza (IVLELA *et al.*, 2007), o que proporciona múltiplas aplicações a essa classe de materiais, resultando no seu interesse tanto na pesquisa, quanto na área econômica.

Os tungstatos do tipo MeWO_4 distribuem-se em dois grupos: a scheelita ($\text{Me} = \text{Ca}$, Ba , Pb , Sr) e a wolframita ($\text{Me} = \text{Fe}$, Mn , Co , Ni , Mg , Zn). Dentre as “wolframita” um material que se destaca é o tungstato de níquel (NiWO_4). Esse material apresenta uma atrativa propriedade luminescente, devido emitir na região azul ou verde em temperatura ambiente, o que possibilita a criação de novos dispositivos eletro-ópticos (LIMA, 2010). Nesse sentido, a resposta óptica desse material tem sido investigada no visível, ultravioleta próximo no comprimento de onda longo (TRANQUILIN, 2008).

2.2 Aplicações de Materiais Luminescentes

As primeiras aplicações relatadas de materiais luminescentes foram os fogos de artifícios. Porém, após este início inúmeras utilizações foram desenvolvidas para materiais luminescentes, considerando as áreas de melhor desempenho de acordo com o tipo de energia de excitação (SILVA, 2000).

Outros materiais fotoluminescentes são aplicados nas mais diversas áreas, tais como nas lâmpadas fluorescentes de mercúrio, de fosfatos, de vapor de sódio, tubos de néon, telas intensificadoras de raios-X, nas telas dos televisores de tubo preto e branco, a cores, telas de televisores por projeção, nos monitores (TRC) de computador, nos pixels dos televisores/monitores com tela de plasma, LED e LCD, cristais cintiladores utilizados em tomógrafos e raios-X (LIMA JÚNIOR, 2008).

Figura 2 – Diversos tipos de dispositivos luminescentes.



FONTE: Adaptado de LIMA (2010).

Método de precipitação

O método consiste na dissolução de um sólido em uma solução, que ocorre a formação de espécies iônicas, em sequência as espécies iônicas formadas darão origem aos precursores quando forem novamente precipitadas na forma e quantidade ideal. Consiste em dois processos: nucleação (crescimento e formação do centro de nucleação) e o crescimento subsequente das partículas. As relações entre esses dois processos determinam

as taxas de polidispersão e o tamanho das partículas (RIBEIRO, 2008).

No método de precipitação o processo para torna-se eficaz deverá ser quantitativo e simultâneo, sem que ocorra a separação preferencial de alguns dos constituintes dos precipitados formados. Além disso, é necessário o controle rígido de parâmetros como pH da solução, viscosidade, temperatura e concentração dos reagentes, para obtenção de pós com as características desejadas (KAKIHANA, 1998).

MATERIAIS E MÉTODOS

Em todas as sínteses, foram utilizados reagentes com grau de pureza analítica, com marcas e purezas indicadas na Tabela 1.

Tabela 1: Reagentes utilizados nas sínteses.

Reagentes utilizados nas sínteses, fabricantes e purezas declaradas por estes			
Reagentes	Fórmulas	Fornecedores	Pureza segundo o fabricante (%)
Nitrato de Níquel hexahidratado	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	PR Químicos	99%
Tungstato de Sódio dihidratado	$\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Vetec	99%

Foram feitas quatro sínteses empregando a técnica de coprecipitação em todas, dissolvendo assim, 5,0 mmol de $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em 100 mL de água deionizada, logo após foi submetido à agitação por cerca de 15 min, posteriormente foi adicionado 5,0 mmol de $\text{Ni}(\text{NO}_3)_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Os sistemas permaneceram em agitação por mais 30 min e o precipitado formado foi transferido para uma autoclave de teflon sendo levado à estufa por 24h e em diferentes condições de temperatura, mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de temperaturas utilizadas no tratamento.

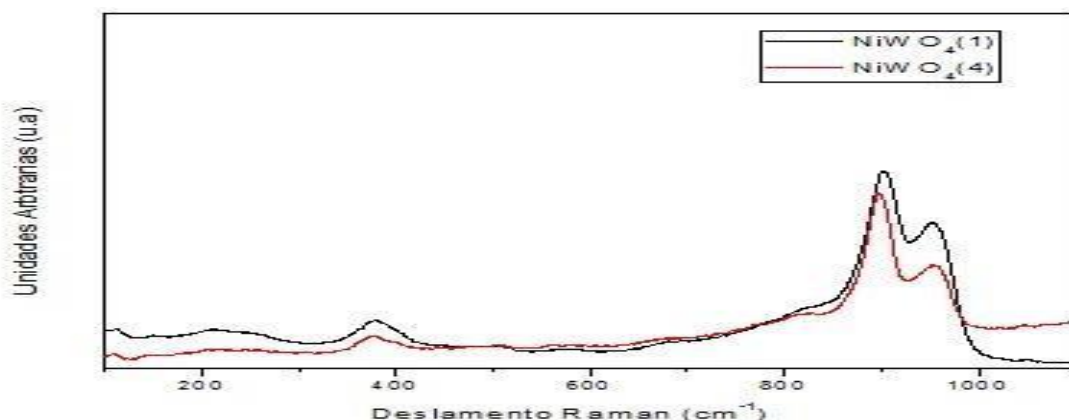
Valores de temperaturas utilizados no tratamento hidrotérmico	
Solução	Temperatura
I	100 °C
II	130 °C
III	160 °C
IV	190 °C

Após este período os pós foram lavados três vezes com acetona com pureza de 99,5% e água deionizada. Em seguida foram postos para a secagem em temperatura ambiente, onde depois os pós obtidos foram utilizados para as caracterizações do produto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente ocorreu na síntese a obtenção de partículas nanométricas de tungstato de níquel com um alto grau de pureza e homogeneidade com diferentes condições de temperatura. Foi realizada a caracterização do tungstato de níquel com tratamento hidrotérmico e temperatura de 100 °C por meio da técnica de Espectroscopia de Espalhamento Raman, que é uma técnica de análise vibracional, que diz respeito à estrutura, simetria e à qualidade cristalina, que permite os cálculos da teoria de grupos e trata-se de uma análise mais localizada da estrutura cristalina (ALCÂNTARA, 2010).

Figura 1: Espectro Raman para o pó de NiWO_4 , processado a 100 e 190 °C por 24 horas em estufa.



A espectroscopia vibracional Raman é utilizada na caracterização de materiais e baseada no fenômeno de espalhamento inelástico da luz pela matéria, o qual permite identificar as entidades químicas com base no modo vibracional. O efeito Raman é observado quando um feixe de radiação monocromática passa através de uma amostra que contém ligações suscetíveis a alterações em sua polarizabilidade à medida que vibram. Essa variação na polarizabilidade ocorre quando a densidade eletrônica do átomo se contrai e se alonga alternadamente, resultando na modulação da luz espalhada na frequência da vibração (SIQUEIRA, 2010).

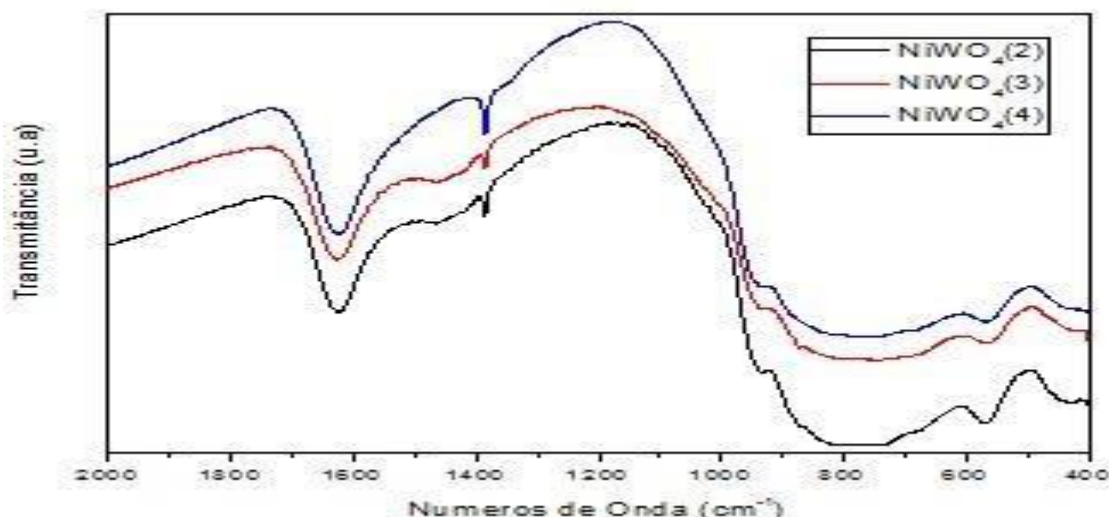
As vibrações Raman para wolframita monoclinica estrutura seria esperado para dar seis internos modos de estiramento causadas por cada uma das seis ligações W-O nos octaedros WO₆ e do grupo teórico análise monoclinica (NiWO₄) (SIRIWONG, 2011).

No Raman da amostra NiWO₄(1), percebem-se dois picos mais intensos, com bandas por volta de 870 e 950 cm⁻¹, respectivamente, que podem ser relacionados ao alongamento e as ligações O-W-O. O outro pico que possui menor intensidade localiza-se cerca de 380 cm⁻¹, e é atribuído ao estiramento na ligação Ni-O.

Já na amostra NiWO₄(4), pode-se perceber que não houve alteração no deslocamento do Raman, havendo, apenas, uma diminuição nas intensidades dos picos do tungstato de níquel. Essas alterações de intensidade no Raman, nos picos 380, 870 e 950 cm⁻¹, podem ser devido às diferenças de temperatura no tratamento térmico das amostras, já que a amostra NiWO₄(1) foi tratada a 100°C e a segunda amostra com uma temperatura mais elevada, por volta de 190°C.

A Figura 2 mostra os espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier do precursor NiWO₄ após o tratamento térmico a 130, 160 e 190 °C. Para *wolframita*, a representação total da P2 / c unidade célula contém 15 modos de infravermelhos ativos (7Au+ 8Bu) (REDFERN *et al*, 1993; HANUZA *et al*, 1999).

Figura 2: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier para o pó de NiWO₄, processado a 130, 160 e 190 °C por 24 horas em estufa.



A estrutura é constituída por poliedros WO_6 , com um empacotamento denso de coordenação na célula unitária. Os íons tungstato são, adicionalmente, ligados uns aos outros por meio de interações intermolecular do W-O.

As características vibracionais das bandas correspondentes a este fragmento estrutural aparecem nas regiões $500\text{-}700$ e $220\text{-}280\text{ cm}^{-1}$ e são atribuídas ao alongamento e flexão dos modos W-O e O-W, respectivamente. Estas bandas não são observadas para tungstato com estrutura scheelita, que apenas têm poliedros WO_4 . As atribuições das bandas estão representadas na tabela 3.

Tabela 3: Atribuições dos modos ativos do Infravermelho.

Atribuições dos modos ativos Infravermelho para os pós de NiWO_4 .

Deslocamento (cm^{-1})	Modos Ativos Infravermelho
1619	Estiramento simétrico O-W-O
1398	Modo de torção Ni-O
995	Modos livres de vibração para o WO_6
876	Modo de Alongamento WO_6
826	Estiramento assimétrico O-W-O
639	Modo de Alongamento WO_6
539	Modos de torção O-W-O
471	Modo de flexão WO_6
450	Modo de flexão WO_6

A Figura 3 mostra a difração de raios-X do precursor NiWO_4 após o tratamento térmico a 100 , 130 , 160 e $190\text{ }^\circ\text{C}$. Identificando o efeito da temperatura sobre a cristalização dos pós. De acordo com o padrão de DRX reação está concluída e demonstrou que fases

cristalinas intermediárias não foram observadas nos difratogramas das amostras, indicando a formação de uma única fase cristalina.

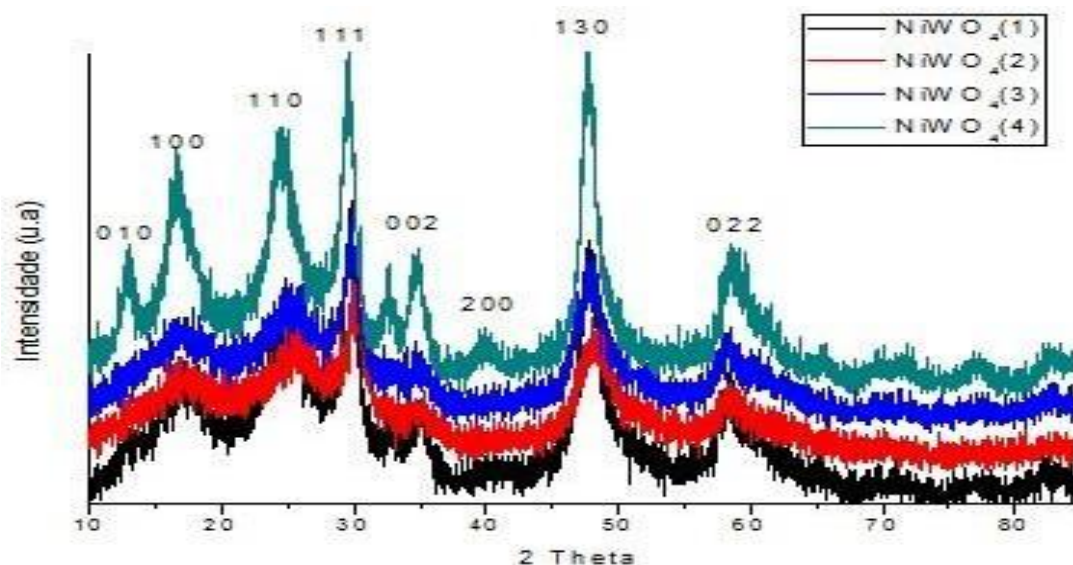


Figura 3: Difração de raio X para o pó de NiWO₄, processado a 100, 130, 160 e 190 °C por 24 horas em estufa.

Através do programa *X'Pert HighScore Plus* (Versão 2.0.1 Windows) foi realizada a identificação dos picos com base nos cartões ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*). Foi verificado que estes padrões de difração pertencem à estrutura monoclinica do tipo *wolframita*, com grupo espacial P2 / c de acordo com o cartão ICSD nº 15852.

À medida que a temperatura eleva de 100 a 190 °C, a intensidade dos picos de difração aumenta e tornar-se mais nítida, indicando um aumento de cristalinidade. É observada ordenação de longo alcance desde temperatura baixa.

Os picos de maior intensidade, localizado em aproximadamente 30° corresponde ao plano cristalográfico (111) e entre 40 e 50° corresponde ao plano cristalográfico (130) (XIONG *et al*, 2006).

Os parâmetros de rede e volume da cela unitária obtidos neste trabalho para o NiWO₄ são muito próximos dos valores descritos por outros trabalhos já publicados (XIONG *et al*, 2006; CHEN *et al*, 2003) e também do cartão ICSD nº 15852.

A Tabela 4 mostra a fluorescência de raios-X do precursor NiWO₄ após o tratamento

térmico a 100, 130 e 190 °C. Podendo assim, identificar as composições químicas presente no material. Apresentando elementos necessários para a formação do tungstato de níquel, tais como, o Níquel e Tungstênio.

Tabela 4: Atribuições das composições químicas dos pós de NiWO_4

Atribuições das composições químicas os pós de NiWO_4 , processados a 100, 130 e 190 °C por 24 horas em estufa.

AMOSTRA	COMPOSIÇÃO	MASSA (%)
$\text{NiWO}_4(1)$	W	73.181
	Ni	26.819
$\text{NiWO}_4(2)$	W	73.094
	Ni	26.906
$\text{NiWO}_4(4)$	W	72.321
	Ni	27.444

CONCLUSÃO

Pós de tungstato de níquel foram obtidos pelo método de precipitação e tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperatura, como 100, 130, 160 e 190 °C e caracterizados por XRD, FT-Raman, FT-IR, FRX. Os padrões de XRD e os espectros Raman indicaram que estes materiais apresentam estrutura tetragonal do tipo *wolframita*, com grupo espacial $P2 / c$ de acordo com o cartão ICSD nº 15852, sem a presença de fases secundárias. Houve aumento significativo das intensidades dos picos de difração com o tratamento hidrotérmico, sugerindo que houve aumento da cristalinidade.

Os espectros Raman exibiram que os pós cerâmicos apresentam ordenamento cristalino a curto alcance. Foi verificado a alteração na intensidade dos picos diante do tratamento hidrotérmico. Nove modos ativos foram identificados nos espectros de FT-IR correspondentes a várias características do material. Na fluorescência de raio-X foram identificados os principais elementos presentes no material com as suas devidas porcentagem.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, A. F. P. **Efeito de solventes sobre o crescimento das partículas e comportamento da fotoluminescência de molibdato de cálcio.** 2010. 85 fl. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2010.
- BYRAPPA, K.; ADSCHIRI, T. Hydrothermal technology for nanotechnology .**Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials**, v. 53, p. 117-176, 2007.
- CHEN, D.; SHEN, G.; TANG, K.; ZHENG, H. Low-temperature synthesis of metal tungstates nanocrystallites in ethylene glycol. **Materials Research Bulletin**, v. 38, 2003.
- DE OLIVEIRA, A. L. M., FERREIRA, J. M., SILVA, M. R., DE SOUZA, S. C., VIEIRA, F. T. G., LONGO, E & SANTOS, I. M. Influence of the thermal treatment in the crystallization of NiWO₄ and ZnWO₄. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v. 97, n. 1, p. 167-172, 2009.
- KAKIHANA, M.; OKUBO, T.; ARIMA, M.; NAKAMURA, Y.; YASHIMA, M.; YOSHIMURA, M. **Polymerized complex route to the synthesis of pure SrTiO₃ at reduced temperatures: implication for formation of Sr-Ti heterometallic citric acid complex.** Sol-gel Sc. Tech., v. 12, 1998.
- HANUZA, J, MACALIK, L., MACZKA, M., LUTZ, E. T. G., & VAN DER MAAS, J. H.. Vibrational characteristics of the double oxygen bridge in the NaIn(WO₄)₂ and NaSc(WO₄)₂ tungstates with wolframite structure. **Journal of molecular structure**, v. 511, p. 85-106, 1999.
- IVLELA, L. I.; VORONINA, I. S.; LYKOV, P. A.; BEREZOVSKAYA, L. Y.; OSIKO, V.V. "Growth of optically homogeneous BaWO₄ single crystals for Raman lasers". **Journal of crystal growth**, v. 304, n. 1, p. 108-113, 2007.
- JONG WON, Y.; RYU, J.H.; SHIM, K.B. 'beta'-Ba'B IND.2'O IND.4' nanometric powder obtained from the ternary BaO-'B IND.2'O IND.3'-Ti'O IND.2' system using the polymeric precursor method. **Materials Science and Engineering:B**, Lauzanne, v.127, n.2-3, p. 154-158, Fev, 2006.
- KAKIHANA, M.; OKUBO, T.; ARIMA, M.; NAKAMURA, Y.; YASHIMA, M.; YOSHIMURA, M. Polymerized complex route to the synthesis of pure SrTiO₃ at reduced temperatures: implication for formation of Sr-Ti heterometallic citric acid complex. Sol- gel Sc. Tech., v. 12, 1998.
- KUZMIN, A.; PURANS, J. Local atomic and electronic structure of tungsten ions in AWO₄ crystals of scheelite and wolframite types. **Radiation Measurements**, Oxford, v.33, n. 5,

p.583-586, Out, 2001.

KUZMIN, A., KALINKO, A., EVARESTO, R. A. First-Principles Lcao study of phonons in NiWO_4 . **Journal of Applied Physics**. P. 502-509, 2011.

LAKE, B.; COWLEY, R. A.; TENNANT, D. A. A dimer theory of the magnetic excitations in the ordered phase of the alternating-chain compound. **Journal of Physics: Condensed Matter**, v. 9, n. 49, p. 10951, 1997.

LIMA JUNIOR, L. F. **Síntese, processamento por hidrotermal convencional/microondas e propriedades fotoluminescentes do pó de BaWO_4** . 2008. 71 fl. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – UNESP, Faculdade de Ciências, Araraquara, 2008.

LONGO, E.; SOUZA, G.; SOLEDADE, L.E.B.; PONTES, F.M.; MAURERA, M.A.M.A.; LEITE, E.R.; VARELA, J.A. Microstructural and optical characterization of CaWO_4 and SrWO_4 thin films prepared by a chemical solution method. **Materials Letters**, Amsterdam, v.58, n.5, p.727-732, Fev, 2004.

LIMA, M. V. S. **Estudo do comportamento fotoluminescente e morfológico do BaWO_4** . 2010. 81 fl. Dissertação (Mestrado em Química) – UFSCar, Universidade Federal de São Paulo, 2010.

MATHEW, T.; BATRA, N. M.; ARORA, S. K. Electrical conduction in CuWO_4 crystals. **Journal of materials science**, v. 27, n. 15, p. 4003-4008, 1992.

MIKHAILIK, V.B.; KRAUS, H.; MILLER, G.; MYKHAYLYK, M.S.; WAHL, D. Multiple photon counting coincidence (MPCC) technique for scintillator characterisation and its application to studies of CaWO_4 and ZnWO_4 scintillators. **Journal of Applied Physics**, New York, v.97, n.8, p.537-539, Abr, 2005.

NOGUEIRA, R. F. P. JARDIM, W. F. **A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental**. Química Nova, v.21, p.69-72, 1998.

REDFERN, S. AT. Hard-mode infrared study of the ferroelastic phase transition in CuWO_4 - ZnWO_4 mixed crystals. **Physical Review B**, v. 48, n. 9, p. 5761, 1993.

RIBEIRO, T. G. D. **Síntese e caracterização de nanopartículas magnéticas de óxidos mistos de MnFe_2O_4 recobertas com quitosana. Estudos da influência da dopagem com Gd^{3+} nas propriedades estruturais e magnéticas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008

TRANQUILIN, R. L., **Estudo das propriedades micro estruturais e ópticas do BaMoO processado em hidrotermal assistido por microondas**. Bauru, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais – UNESP, 2008. Dissertação de mestrado, 72f.

TSARYUK, V.I.; ZOLIN, V.F. Vibration and vibronic spectra of lanthanide compounds with different types of coordination polyhedra of tungsten and molybdenum. **Spectrochimica Acta Part A**, Kidlington. v.57, n.2, p.355-359, Fev, 2001.

SIQUEIRA, K. P. F. **Processamento e estudo de ortoníobatos de terras raras e orto-tungstatos de metais alcalinos terrosos**. 2010. 83 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2010.

SMITH, G. W.; IBERS, J. The Structure of NiWO₄. **Acta Crystallography**. 1995, v.18, p.60-62.

SOLEDADE, L.E.B., Fotoluminescência de SrTiO₃, Dopado com Al, Y, Cr, V e Nb. 2003. 140f. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

XIONG, L; HE, T. Synthesis and characterization of ultrafine tungsten and tungsten oxide nanoparticles by a reverse microemulsion-mediated method. **Chemistry of materials**, v. 18, n. 9, p. 2211-2218, 2006.

Capítulo 9

UTILIZAÇÃO DE MATERIAL CERÂMICO EM APLICAÇÕES BIOLÓGICAS

Valdivânia A. do Nascimento, Moisés das Virgens Santana, Walber Alves Freitas, Hitalo de Jesus Bezerra da Silva, Humberto Denys de Almeida Silva, João Batista de Oliveira Libório Dourado, Bruna Leal Melo de Oliveira

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma busca na literatura de estudos relacionados às aplicações de materiais cerâmicos com aplicações biológicas. Foi realizada uma busca de artigos e patentes nas bases de patentes do European Patent Office (EPO), da US Patent and Trademark (USPTO), da World Intellectual Property Organization (WIPO) e do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), além da pesquisa de artigos indexados nas bases Scopus, Web of Science e Scielo. O estudo foi realizado em maio de 2019, utilizando os seguintes termos: “*ceramic and advanced*” com “*technology*” e “*biological*”. Utilizando todas as palavras-chave foram apresentadas 15 patentes depositadas no banco de dados EPO na base dos Estados Unidos, as patentes encontradas foram depositadas pela China. No ano de 2010, foram encontradas 3 patentes. As bases Scopus e Web of Science são as que apresentam o maior número de artigos na área, a partir do século XXI. Com as pesquisas realizadas, foi possível que o uso de materiais cerâmicos com aplicações biológicas é bastante promissor.

Palavras-Chave: Materiais, Cerâmico, Biológica.

1 INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento do sistema de telecomunicações móveis, como telefones celulares, micro-ondas e as cerâmicas dielétricas tornaram-se estes materiais necessárias por apresentarem rendimento superior aos outros materiais. O elemento molibdênio (Mo) que contém óxidos mistos é de interesse prático devido à sua atraente propriedade de luminescência e possibilidade de materiais com eletrodo negativo para aplicações tecnológicas (Choi, *et al.* 2006; Soni, *et al.* 2016).

Sobre os óxidos mistos contendo molibdênio, a literatura reporta o avanço em pesquisas de materiais cerâmicos do grupo dos molibdatos (MoO_4) e tungstatos (WO_4), que apresentam excelentes propriedades ópticas e estruturais, as quais formam a base do

seu largo uso como fósforos, cintiladores e detectores (Milhailik, *et al.* 2005) fotoânodos, hospedeiros para laser do estado sólido e fibras ópticas (Cavalcante, *et al.* 2008; Zhu, *et al.* 2011).

Enfatizando os molibdatos, esses pertencem à família das scheelita, com fórmula geral MMoO_4 , (onde $M = \text{Sr, Ca, Ba, Cd}$) e são estudados a mais de 50 anos devido sua grande aplicação tecnológica (Mahlik, *et al.* 2012; Li, *et al.* 2013). Esses materiais inorgânicos têm aplicações tecnológicas em dispositivos que produz luz artificial (Milhailik, *et al.* 2005) e em processos fotocatalíticos (Mahlik, *et al.* 2012). Dentre essas aplicações podem-se destacar as seguintes: produção de lasers de estado sólido (Cavalcante, *et al.* 2008), produção de diodos emissores de luz (LEDs) (Zhu, *et al.* 2011) e a sua utilização em processos fotocatalíticos heterogêneos para fotodegradação de corantes (Vieira, *et al.* 2013).

Na última década, o SrMoO_4 tem se destacado em relação às demais Scheelitas por ser ainda pouco explorado e também por exibir propriedades físico-químicas de enorme relevância para o aperfeiçoamento de novas tecnologias. Analisando sob o aspecto estrutural, a célula tetragonal do SrMoO_4 tem um volume aproximado de $349,20 \text{ \AA}^3$ a temperatura ambiente, correspondendo aos parâmetros de rede $a = b = 5,39 \text{ \AA}$ e $c = 12,02 \text{ \AA}$ (BI, *et al.* 2008).

Para a obtenção do SrMoO_4 , destacam-se o método hidro/solvotérmico convencional e hidro/solvotérmico acoplado ao micro-ondas (JIA, *et al.* 2016; Culver, *et al.* 2013; Marques, *et al.* 2010), técnica de Czochralski (Choi, *et al.* 2006; Veresnikova, *et al.* 2009), e a Coprecipitação (Thongtem, *et al.* 2010), no qual, um sólido insolúvel é obtido a partir de um percurso, proporcionando a obtenção de pós com proporcionalidade estequiometria e homogeneidade (SONI, *et al.* 2016; Cui, *et al.* 2008; Botelho, 2013).

Analisando as inúmeras aplicações do SrMoO_4 este trabalho destina-se a realizar buscas na literatura referente aos principais trabalhos que estão sendo propostos com aplicações tecnológicas e biológicas sobre os materiais cerâmicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CERÂMICAS

Materiais cerâmicos apesar da sua elevada fragilidade são candidatos atrativos para algumas aplicações, pois apresentam excelentes propriedades mecânicas e um desempenho excepcional (ZHANG *et al.*, 2014, ZHENG *et al.*, 2015). Os materiais cerâmicos são compostos formados entre elementos metálicos e não metálicos; na maioria das vezes são óxidos, nitretos e carbetos, em suma os materiais cerâmicos são considerados não metálicos e inorgânicos podendo ser subdivididos em duas grandes classes: as cerâmicas tradicionais que são os vidros, porcelanas, tijolos, abrasivos; e as cerâmicas avançadas que são as cerâmicas eletrônicas, refratários avançados, biocerâmicas (CALLISTER *et al.*, 2012).

Quando se trata das estruturas cristalinas dos materiais cerâmicos, este possui uma estrutura pouco simétrica quando comparado à estrutura dos metais. As estruturas cristalinas são formadas a partir de ligações covalentes, ligações iônicas e interações de ambas (OIKAWA *et al.*, 2011). As ligações covalentes são quem regem o comportamento mecânico da cerâmica, ou seja, dureza, módulo de elasticidade, temperatura de fusão dentre outros.

As cerâmicas com ligação covalente são as que apresentam melhores propriedades mecânicas, apresentando propriedades mecânicas, nesta classe têm-se as biocerâmicas, por exemplo, uma cerâmica que exige um alto grau de resistência à tração, à compressão e elevada dureza.

Conforme Bauer (2000), Pauletti (2001) e Santos (1975), a palavra cerâmica é derivada do vocábulo grego *keramikos*, que significa “feito de terra”. Segundo Moraes (2007) é uma arte antiga que acompanha a história da humanidade, desde o período pré- neolítico, quando se percebeu que a argila, quando deixada sob o sol escaldante, endurecia.

Os primeiros objetos cerâmicos elaborados com forma bem definida tinham utilidade de armazenar água e alimentos. No entanto, pode-se dizer que os objetos cerâmicos feitos de maneira mais sistemática surgiram no período neolítico, quando o homem constatou que o calor endurecia a argila. Existem indícios da atividade cerâmica em

todas civilizações (MORAIS, 2007).

Há relatos da atividade de fabricação da cerâmica no Brasil desde antes da chegada dos colonizadores portugueses, em 1500. A cerâmica mais elaborada foi detectada na Ilha de Marajó, que compreendia técnicas de raspagem, incisão, excisão e pintura altamente elaboradas. Entretanto, estudos arqueológicos indicam que a presença de cerâmica mais simples ocorreu na região amazônica, há mais de 5000 anos atrás (SEBRAE, 2008).

Após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu grande expansão do parque cerâmico nacional, com a instalação de inúmeras indústrias e de produção diversificada. Até então, a produção estava concentrada no ramo de produtos de queima vermelha para a construção civil. As novas unidades fabris, de porte variado, passaram a produzir materiais de revestimento (pisos, azulejos e pastilhas), cerâmica sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça e porcelana de mesa, de adorno e técnica, materiais abrasivos e refratários (DUA ILIBI FILHO & ROCHA, 1988).

A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fizeram com que as indústrias brasileiras evoluíssem, e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica – ABC (2011a), cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas. São tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e de calor e mais resistentes a altas temperaturas e ambientes rudes do que metais e polímeros. Com relação ao comportamento mecânico, cerâmicas são duras, mas muito frágeis (CALLISTER, 1994).

As matérias-primas utilizadas na fabricação dos produtos cerâmicos originam-se na natureza. Algumas são incorporadas aos produtos em sua forma natural, outras são previamente beneficiadas e processadas (VAN VLACK, 1973). De modo geral, classificam-se as matérias-primas cerâmicas em dois grupos: (i) plásticos (materiais argilosos) e (ii) não plásticos (fundentes, inertes, carbonatos, talcos) (BORBA et al., 1996).

As matérias-primas plásticas conferem importantes características na fase de conformação das peças cerâmicas, tais como trabalhabilidade e resistência mecânica a cru, e no processamento térmico, como estrutura e cor (MOTTA et al., 2002).

As matérias-primas não-plásticas também atuam nas fases de conformação e secagem, diminuindo a retração das peças e favorecendo a secagem, e na fase do processamento térmico, quando desempenham o papel mais relevante, controlando as transformações, as deformações e a sinterização. Devido principalmente ao seu papel na fase de queima, os materiais não-plásticos são ainda qualificados de inertes, vitrificantes e fundentes (MOTTA et al., 2002).

Aplicações clínicas de cerâmicas porosas envolvem o uso como recobrimentos porosos em implantes metálicos, e uso de monólitos porosos para preenchimento de defeitos ósseos em geral.

O tempo de vida de uma biocerâmica implantada varia de acordo com as condições estruturais da peça ou das condições do local implantado, mas pode chegar até 30 anos, diferente dos metais que de tempos em tempos o paciente deve realizar a troca e também, os danos à saúde (como mal de Alzheimer e radiação, por exemplo) quando a prótese é de cerâmica são quase mínimos devido à mínima liberação de íons (AZA et al., 2002).

Além de todas as preocupações existentes quanto sua biocompatibilidade, tempo de vida, porosidade e fixação, existe a preocupação quanto à resistência mecânica das cerâmicas.

3 METODOLOGIA

A prospecção foi baseada na pesquisa de patentes depositadas e de artigos publicados. Os bancos de dados utilizados para busca de anterioridade de patentes foram: *European Patent Office* (EPO) - Instituto Europeu de Patentes, *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) – Departamento de Comércio dos Estados Unidos e Instituto Nacional da Propriedade Industrial do Brasil (INPI). Para os artigos científicos, foram realizadas buscas nas bases de periódicos *Web of Science*, SCIELO e SCOPUS. O levantamento de todos os dados foi realizado em maio de 2019.

Inicialmente, as pesquisas foram realizadas para rastrear patentes e artigos com aplicação de materiais cerâmicos avançados, através do uso das palavras-chave “*ceramic and advanced*” no título e no *abstract*.

Procurou-se também a aplicação para materiais cerâmicos, na tentativa de maior abrangência de número de documentos de patentes e artigos, utilizando os termos “*ceramic and advanced*” com “*technology*” e “*biological*”. As buscas com essas palavras-chave foram realizadas envolvendo as bases de dados científicos (artigos) e bancos de dados de patentes, os quais foram descritos à priori. Neste trabalho foram utilizadas as mesmas combinações de palavras-chave para o banco de dados nacional, porém escritas em português.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Busca de Anterioridade

Os bancos de dados utilizados foram: European Patent Office (EPO) - instituto europeu de patentes, United States Patent and Trademark Office (USPTO) – departamento de comércio dos Estados Unidos, World Intellectual Property Organization (WIPO) – agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU) e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) Brasil.

Para a pesquisa nos bancos de dados foram utilizados termos em relação à abrangência, inicialmente a grande área Cerâmica, em relação aos seus tipos (químico): Óxidos. O método de busca, com as palavras em inglês (EPO, USPTO e WIPO) e português (INPI), com os termos “*ceramic and advanced*” com “*technology*” e “*biological*”.

Na pesquisa com relação de material cerâmico aplicado a catálise, com os termos finais, não foram identificadas nenhuma patente nas bases de buscas, no entanto, em relação ao termo biological foi possível verificar a existência de 2 (uma) patente na base brasileira INPI e 15 patentes na base europeia Espacenet do EPO.

Tabela 1: Palavras chave utilizadas na busca de patentes.

Palavras-Chave	INPI	ESPACENET	WIPO	USPTO
<i>Ceramic</i>	1475	10.000	242.061	34.268
<i>Ceramic and advanced</i>	91	6.164	5.321	10.302
<i>ramic and advanced and technology</i>	41	9.064	6.403	590
<i>Ceramic and advanced technology and biological</i>	2	15	3	2

Fonte: Autoria própria (2019).

Foi realizado uma busca de patentes depositadas por ano, com o objetivo de verificar a evolução anual em depósito. Na Figura 1 é possível perceber que a primeira patente depositada em relação ao material molibdato de estrôncio foi no ano de 2008, intitulada como “Método de preparação de pó fluorescente vermelho de molibdato de estrôncio dopado com európio para LED, efetivamente excitado pela luz ultravioleta”. Nos anos 2009 e 2010 foram os que mais obtiveram patentes depositadas.

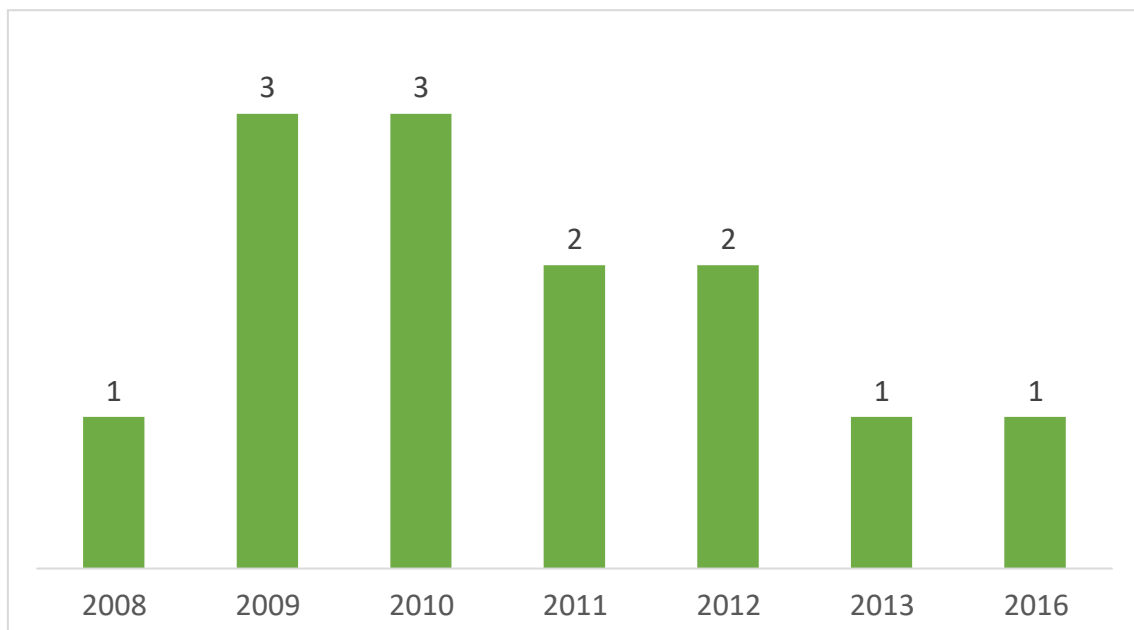


Figura 1: Evolução Anual de Depósitos de Patentes. Fonte: Autoria própria (2019). Banco de dados: EPO.

Um quesito importante na busca de depósitos de patentes é a Classificação Internacional de Patentes (CIP), base para a elaboração de estatísticas sobre propriedade industrial, que permitam a avaliação do desempenho tecnológico em diversas áreas. A Figura 2 revela as principais classificações internacionais de cada patente deposita no EPO. As principais CIP encontradas foram: C30B29/32, referente a titanatos, molibdatos e tungstatos; C01G39/00, referente a compostos de molibdênio e C04B35/495, que refere-se a materiais a base de óxidos de molibdênio e tungstênio.

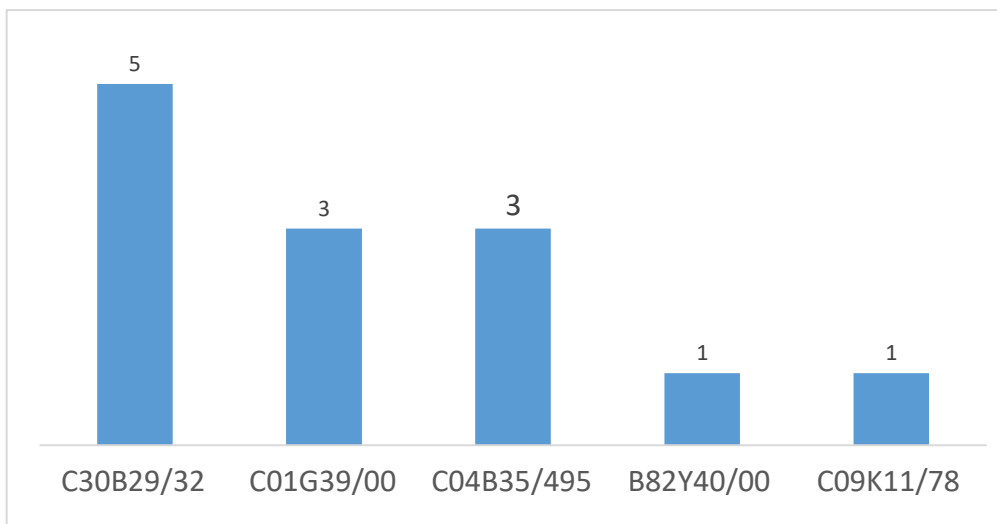


Figura 2: Patentes por Código de Classificação Internacional. Fonte: Autoria própria (2019). Banco de dados: EPO.

CONCLUSÃO

A partir da prospecção tecnológica realizada neste trabalho, percebeu-se que houve um crescimento acentuando do número de patentes depositadas e artigos produzidos nos últimos anos no que se refere a tecnologias materiais cerâmicos aplicados a parte biológica. Esses resultados dizem muito sobre o desenvolvimento e os investimentos em inovação destinados a essa área. Embora seja uma tecnologia em ascensão, muito tem sido feito, em âmbito global, a respeito do tema, sobretudo partindo de potências econômicas, como China

e Estados Unidos, que são os maiores depositantes. O Brasil tem poucos depósitos de patente, evidenciando a necessidade de investimentos em tecnologia e inovação

Por conseguinte, é importante salientar a importância do mapeamento de tecnologias e processos envolvidos na produção de materiais cerâmicos aplicados na parte biológica como forma de traçar novas estratégias de expansão e consolidação dessa tecnologia por meio de investimento de empresas nesse setor, seja em etapas específicas do processo ou em unidades completas.

REFERÊNCIAS

- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2002). DIN 8589-11: **Fertigungsverfahren** Spanen; Schleifen mit rotierendem Werkzeug; Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Berlin.
- DEVILLE, S.; CHVALIER, J. (2003). Martensitic relief observation by atomic force microscopy in yttria-stabilized zirconia. **Journal of the American Ceramic Society**, v.86, n.12, p.2225-2227.
- DEVILLE, S; CHEVALIER, J.; GREMILLARD, L. (2006). Influence of surface finish and residual stresses on the ageing sensitivity of biomedical grade zirconia. **Biomaterials**, v.27, n.10, p.2186-2192.
- DEVILLE, S.; GUÉNIN, G.; CHEVALIER, J. (2004a). Martensitic transformation in zirconia. Part I. Nanometer scale prediction and measurement of transformation induced relief. **Acta Materialia**, v.52, n.19, p.5697-5707.
- DEVILLE, S.; GUÉNIN, G.; CHEVALIER, J. (2004b). Martensitic transformation in zirconia. Part II. Martensitic growth. **Acta Materialia**, v.52, n.19, p.5709-5721.
- DHARA, S.; SU, B. (2005). Green Machining to Net Shape Alumina Ceramics Prepared Using Different Processing Routes. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, v.2, n.3, p.262-270.
- ITOH, N.; OHMORI, H. (1996). Finishing characteristics of ELID-lap grinding using ultra fine grain lapping wheel. **International Journal of the Japan Society for Precision Engineering**, v.30, n.4, p.305-310.

JAFFE, H.W. (1988). **Introduction to Crystal Chemistry**. Cambridge: Cambridge University Press.

JAHANMIR, S.; RAMULU, M.; KOSHY, P. (1999). **Machining of ceramics and composites** (Manufacturing Engineering and Materials Processing). New York: Marcel Dekker Inc.

JANSSEN, R.; SCHEPPOKAT, S.; CLAUSSEN, N. (2008). Tailor-made ceramic-based components – Advantages by reactive processing and advanced shaping techniques. **Journal of the European Ceramic Society**, v.28, n.7, p.1369-1379.

JIANDONG, Y.; CHUNLIN, T.; CHANGXING, W. (2007). Nanometer lapping technology at high speed. **Science in China Series E: Technological Sciences**, v.50, n.1, p.27-38.

JILLAVENKATESA, A.; DAPKUNAS, S.J.; LUM, L.H. NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (2001). NIST Recommended Practice Guide Special Publication 960-1 Particle Size Characterization.

JUY, A.; ANGLADA, M. (2007). Surface phase transformation during grinding of Y- TZP. **Journal of the American Ceramic Society**, v.90, n.8, p.2618-2621.

KATAGIRI, G. *et al.* (1988). Direct determination by raman microprobe of the transformation zone size in Y₂O₃ containing tetragonal ZrO₂ polycrystals. In: Science and Technology of Zirconia III, 1988. **American Ceramic Society**, p.537-544.

KEEG, R.L. (1983). Industrial problems in grinding. In: CIRP, 32, 1983. **Annals of the CIRP**, p.559-561.

KIM, B.; HAHN, J.; HAN, K.R. (1997). Quantitative phase analysis in tetragonal-rich tetragonal/monoclinic two phase zirconia by Raman spectroscopy. **Journal of Materials Science Letters**, v.16, n.8, p.669-671.

KIM, W.; SAITO, F. (2000). Effect of grinding on synthesis of MgAl₂O₄ spinel from a powder mixture of Mg(OH)₂ and Al(OH)₃. **Powder Technology**, v.113, n.1-2, p.109- 113.

KINGERY, W.D.; BOWEN, H.K.; UHLMANN, D.R. (1976). **Introduction to Ceramics**. 2.ed. John Wiley and Sons, Inc. 1976.

KITAYAMA, M.; PASK, J.A. (1996). Formation and Control of Agglomerates in Alumina Powder. **Journal of the American Ceramic Society**, v.79, n.8, p.2003-2011.

KITANO, Y. *et al.* (1988). Rhombohedral phase in Y₂O₃ partially stabilized ZrO₂. **Journal of the American Ceramic Society**, v.71, n.1, p.C34-C36.

KLINK, A. (2009). **Funkenerosives und elektrochemisches Abrichten feinkörniger Schleifwerkzeuge**. PhD Thesis – Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Aachen, 2009.

LEE, D.E. *et al.* (2006). Precision manufacturing process monitoring with acoustic emission. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v.46, n.2, p.176- 188.

LI, J. *et al.* (2001). Degradation of yttria stabilized zirconia at 370 K under a low applied stress. **Materials Science and Engineering: A**, v.297, n.1-2, p.26-30.

LICHTENBERGER, H. (1954). **Die Spanmengenleistung beim Läppen ebener metallischer Werkstücke**. Dissertation – TH Hannover, Hannover, 1954.

LILLEY, E. (1990). Review of Low Temperature Degradation in Y-TZPs. **Corrosion and Corrosive Degradation of Ceramics**, v.10, p.387-407.

LIM, H.S. *et al.* (2002). A fundamental study on the mechanism of electrolytic in-process dressing (ELID) grinding. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v.42, n.8, p.935-943.

LIM, C.S. *et al.* (1992). In-situ measurement of the stress-induced phase transformation in magnesia-partially-stabilized zirconia using raman spectroscopy. **Journal of the American Ceramic Society**, v.75, n.6, p.1570-1573.

LINKE, B. (2008). Dressing process model for vitrified bonded grinding wheels. In: CIRP, 57, 2008. **Annals of the CIRP - Manufacturing Technology**, p.345-348.

LIU, C. *et al.* (1999). Development and characteristics of fixed abrasive polishing utilizing small grinding tools with ELID for aspheric optical surfaces. **Abrasive Technology – Current Development and Applications I**, v.25, p.147-153.

MAIER, H.R.; MICHAELI, N. (1997). Green machining of alumina. **Key Engineering Materials**, v. 132-136, p.436-439.

MALKIN, S. (1989). **Grinding technology. Theory and applications of machining with abrasives**. 1.ed. Chichester: Ellis Norwood Ltd.

MALKIN, S.; GUO, C. (2008). **Grinding technology: theory and application of machining with abrasives**. 2.ed. New York: Industrial Press Inc.

Capítulo 10**ATUAIS ESTUDOS RELACIONADOS A MATERIAIS INTELIGENTES**

Valdivânia Albuquerque do Nascimento; Yvo Borges da Silva; Millena de Cássia Sousa e
Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina – PI.

*yvoborgess@gmail.com

RESUMO

Inteligência em materiais, sistemas e estruturas é um campo de exploração com alguns anos nas áreas de investigação e industrial, sendo considerada já uma nova era no desenvolvimento de materiais. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica da utilização de materiais inteligentes, analisando a participação dos países nos depósitos de pedidos de patentes em bases nacionais e internacionais até o momento. A busca de patentes utilizou-se as bases EPO, INPI, USPTO e WIPO. Os Estados Unidos, China e Japão são considerados os principais países depositários, com 32, 25 e 5 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. As instituições com depósitos de patentes, sendo empresas, instituições de pesquisa/ educação e pessoas físicas a maioria, com 50, 25 e 1% de depósitos respectivamente, que é destinada principalmente na aplicação de materiais inteligentes na tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais inteligentes é de extrema relevância.

INTRODUÇÃO

O conceito de inteligência em materiais, sistemas e estruturas é um campo de exploração com alguns anos nas áreas de investigação e industrial, sendo considerada já uma nova era no desenvolvimento de materiais (Frias, 2009). Os últimos progressos têm sido no sentido de desenvolver estruturas que continua e ativamente se adaptam, monitorizam e otimizam o seu desempenho, emulando as capacidades de adaptação, composição e geometria dos sistemas biológicos (Ramos, 2007; Trevilato, 2012).

Para implementar estas capacidades de autodiagnóstico estrutural e de autopreparação em estruturas inertes, concebidas para desempenhar a sua função

garantindo apenas condições estruturais durante o tempo de vida útil, é necessária a integração de diversos sistemas (Cézar et al., 2011; Teixeira, 2001). A capacidade de automonitorização é efetuada através de uma rede de sensores que por medição, direta ou indireta, é sensível a um conjunto específico de parâmetros físicos em que a sua correlação ao longo do tempo permite evidenciar as alterações que indicam danos internos ou externos à estrutura (Isoldi, 2008; Rossetto, 2004). A seleção dos sensores está sempre condicionada pelas características e agressividade do meio onde serão inseridos, assim como pelos processos de embebimento no caso de sensores internos (Felix, 2012; Lobo, 2015).

METODOLOGIA

A prospecção tecnológica foi realizada com base nos pedidos de patentes depositados no European Patent Office (EPO), na World Intellectual Property Organization (WIPO), no United States Patent and Trademark Office (USPTO) e no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial do Brasil (INPI).

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2020 e foram utilizados como palavras-chave os termos materiais, inteligentes, em português e em inglês. Os termos em inglês foram utilizados para as bases internacionais, enquanto que os termos em português foram utilizados para a busca de documentos em base nacional, sendo considerados válidos os documentos que apresentassem esses termos no título e/ou resumo.

Para a verificação da evolução anual de depósito de patentes, foi realizada uma busca de patentes depositadas por ano. Também foi realizada a avaliação da distribuição de patentes por país depositário e por Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foram analisados todos os pedidos de patente existentes até o presente momento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a quantificação de patentes depositadas por ano, demonstrando que os anos 2017, 2016 e 2015 tiveram o maior número de depósitos na área, com 120, 80 e

75 respectivamente. Vale ressaltar que, a primeira patente sobre o tema foi depositada em 1906, mostrando assim que os estudos na área tendem a ter o nível de evolução cada vez maior.



Figura 1: Patentes depositados por ano.

A Figura 2 apresenta as principais classificações instituições com depósitos de patentes, sendo empresas, instituições de pesquisa/ educação e pessoas físicas a maioria, com 50, 25 e 1% de depósitos respectivamente. A classificação está relacionada aos materiais inteligentes aplicados em tecnologias.

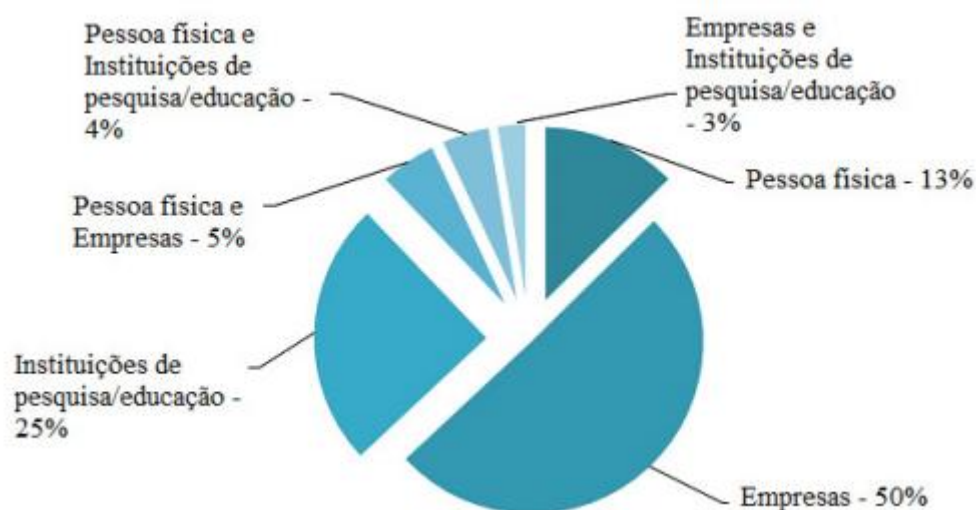


Figura 2: Classificação Internacional de Patentes.

Na Figura 3, observa-se que os Estados Unidos se destacam com o maior número de patentes depositadas, em seguida estão China e Japão. Contudo, a preocupação em investir em tecnologia favoreceu o crescimento tecnológico deste país, colocando-o no ranking de depósitos de patentes materiais inteligentes aplicados em tecnologias, além de outras áreas de materiais.

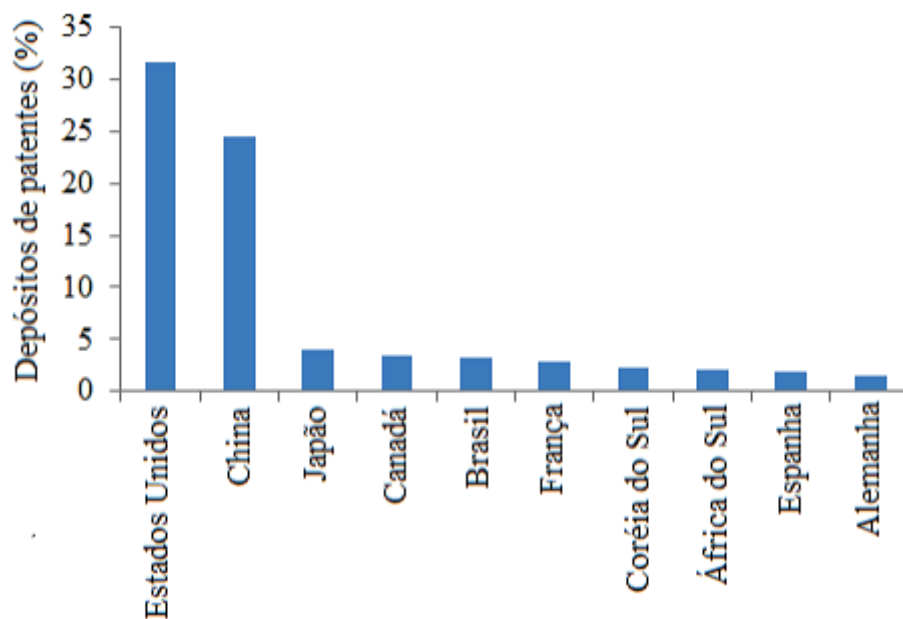


Figura 3: Depósito de Patentes por Países.

CONCLUSÃO

Através destes estudos de prospecção tecnológica, foi possível constatar que o depósito de patentes envolvendo a utilização de materiais inteligentes avança cada vez mais, usando todos os termos chaves, sendo seu marco inicial em 1906, atingindo o número máximo de patentes em 2017, 2016 e 2015. Os Estados Unidos, China e Japão são considerados os principais países depositários, com 32, 25 e 5 patentes na base WIPO, cada um respectivamente. As instituições com depósitos de patentes, sendo empresas, instituições de pesquisa/ educação e pessoas físicas a maioria, com 50, 25 e 1% de depósitos respectivamente, que é destinada principalmente na aplicação de materiais inteligentes na

tecnologia. Sendo assim, sugere-se que a aplicação dos materiais inteligentes é de extrema relevância.

REFERÊNCIAS

Frias, C. M. M. (2009). Materiais Inteligentes para próteses de anca.

Ramos, C. A. X. (2007). Materiais compósitos inteligentes.

Cézar, J. L. F. É. S., Chong, W., & Balthazar, J. M. Métodos Assintóticos para um Sistema com Materiais Não-lineares e Inteligentes, Excitado por um Motor de Potência Limitada.

Teixeira, R. L. (2001). Uma metodologia de projeto de controladores híbridos inteligentes com aplicações no controle ativo de vibrações mecânicas.

Isoldi, L. A. (2008). Análise estática e dinâmica de estruturas delgadas de materiais compostos laminados incluindo materiais piezelétricos.

Rossetto, J. F. (2004). Sensores distribuídos utilizando efeitos não-lineares em fibras ópticas para aplicação em estruturas inteligentes.

Felix, J. L. P., & Cézar, E. S. (2012). Análise dinâmica de um oscilador com material inteligente excitado por um motor não ideal. In *20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*.

Cézar, J. L. F. É. S., Chong, W., & Balthazar, J. M. Métodos Assintóticos para um Sistema com Materiais Não-lineares e Inteligentes, Excitado por um Motor de Potência Limitada.

Lobo, T. M. (2015). *Design de superfície: um estudo sobre a aplicação de materiais inteligentes na estamparia têxtil* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Trevilato, T. R. B. (2012). Controle ativo de estruturas compósitas inteligentes na presença de incertezas.

Palma, P. H. T. (2007). Identificação experimental e controle ativo de vibrações aplicadas em estruturas inteligentes.

Marques, N. D. N. (2012). *Partículas inteligentes de poli (nisopropilacrilamida), quitosana e poli (ácido acrílico): efeito da temperatura e do pH sobre suas propriedades em suspensões aquosas* (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

SOBRE A ORGANIZADORA

Engenheira de Materiais pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Piauí. Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - UFPI. Participou do Programa Jovens Talentos para a Ciência, financiado pela CAPES. Foi bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) em 2014 e 2015 e do Programa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação em 2016 a 2018, atua na área de Cerâmica Avançada com ênfase em adsorção para degradação de corantes têxteis, tem experiência na área de fotoluminescência. Participou 25º Programa Bolsas de Verão (CNPq), atuando como bolsista e desenvolvendo projeto no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em Campinas (SP).



ISBN 978-65-80476-51-0



9 786580 476510 >