

Prospecção Tecnológica em Baterias de Magnésio

Igor Munhoz, Alessandra Cristina Santos Akkari, Neusa Santos, Jorge Tomioka, Roberto Santos, Jorge Luiz Knupp, Fernando Fukunaga, Valéria Macedo, Marilda Schiller e Taís Santos

RESUMO

No setor de energia, o impacto ambiental e as crescentes crises energéticas aumentaram as preocupações na área, intensificando as pesquisas, dentre elas os acumuladores de energia para alcançar melhorias no cenário energético global. Atrrelado a estes fatores, a bateria de Magnésio – Ar pode ser considerada uma fonte promissora de energia elétrica, principalmente por não poluir o meio ambiente, ser barata, possuir energia específica elevada e ser o sétimo elemento químico em abundância no planeta. Essas características a transformaram numa potencial substituta para outras tecnologias convencionais. No entanto, a bateria de magnésio possui desvantagens que precisam ser vencidas por meio de pesquisas para alavancar o seu uso comercial maciço. O objetivo deste estudo é realizar um mapeamento científico e tecnológico das baterias de magnésio, através de um indicador de resultados de P&D (número de patentes), assim como identificar as principais características da tecnologia, seus principais detentores e aplicações. Trata-se de um estudo exploratório que envolve a pesquisa bibliográfica e a coleta e análise de dados secundários, obtidos do banco de patentes *Derwent Innovation Index*. A análise dos dados envolveu a aplicação do Método dos Mínimos Quadrados no MATLAB®, para a previsão de cenários futuros, e o cálculo da variação relativa, a fim de avaliar a evolução no número de patentes para os próximos períodos. Os indicadores do *Derwent* demonstram que o número de patentes ligadas às baterias de magnésio está crescendo, mas a previsão é de desaceleração. As principais detentoras dessa tecnologia são as empresas japonesas, sendo a primeira a *Sanyo Electric Co Ltd* e as principais aplicações estão presentes na engenharia, na química e na energia e combustíveis, no entanto, está crescendo nos transportes, como é o caso da Toyota, identificada no *ranking* de empresas detentoras. Mapear as tecnologias que são potenciais substitutas para as atuais confere vantagens competitivas para as organizações, assim como garantem a sua sobrevivência no mercado. Algumas das limitações encontradas no presente estudo podem ser vencidas por meio do uso associado de outras metodologias de previsão de dados e do estudo de caso de empresas que investem no desenvolvimento dessa tecnologia. O uso de dados patentários nos permite desenvolver uma melhor estratégia para planejar P&D, bem como para a inserção no mercado.

Palavras-chave: P&D, inovação, acumuladores de energia, bateria de magnésio, patentes

1. Introdução

No contexto energético, o aquecimento global tem provocado crescentes debates e discussões internacionais com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, como as resoluções do protocolo de Kyoto. A Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e as inovações na área de acumuladores de energia são essenciais para trazer melhorias para este cenário, principalmente para promover o cuidado com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Atrrelado a estes fatores e o crescimento das crises energéticas, a bateria de Magnésio – Ar pode ser considerada uma fonte promissora de energia elétrica, por possuir uma energia específica alta, por ter baixo peso, baixo custo, ser reciclável e, principalmente, por não poluir o meio ambiente e, segundo Martínez (2012), por representar 2% da crosta terrestre, o que faz dele o sétimo elemento químico mais abundante da Terra. Além disso, no mercado de

commodities, o magnésio tem excesso de oferta, tornando o preço final um dos atrativos para a tecnologia citada. Essas características a transformaram numa potencial substituta para as convencionais aplicações de íon-lítio.

No entanto, a bateria de magnésio possui desvantagens que em alguns casos ainda torna o seu uso comercial desvantajoso comparado às outras tecnologias, como o desempenho ruim em descargas intermitentes. Para resolver as desvantagens presentes e ampliar o seu uso comercial, novas pesquisas estão sendo realizadas em diversas aplicações.

No âmbito organizacional, conforme análises já realizadas, os investimentos das empresas em P&D geram um efeito positivo na eficiência das mesmas, sendo que essas são tecnicamente mais eficientes do que outras empresas que não efetuam o mesmo investimento (DILLING-HANSEN; MADSEN; SMITH, 2003). Ter uma eficiência alta confere a rentabilidade necessária para que processo de pesquisa continue e a empresa consiga sobreviver no mercado, adquirindo direitos exclusivos advindos da inovação, que podem ser por meio de patentes (WINARSKI, 2010).

Sob essa perspectiva, torna-se válido, no presente trabalho, realizar um mapeamento científico e tecnológico das baterias de magnésio, utilizando-se o número de patentes depositadas e concedidas na área como um indicador de P&D, assim como identificar as principais características da tecnologia, seus principais detentores e aplicações.

A fim de apresentar a pesquisa realizada, este trabalho está dividido em seis partes, incluindo a presente introdução, o quadro teórico, a metodologia adotada, a análise dos resultados obtidos, as conclusões e por fim, anexo, o algoritmo de previsão de cenários futuros.

2. Quadro teórico

Esta seção apresenta o referencial teórico, composto por uma revisão da literatura sobre o conceito de inovação tecnológica, de patente, de pilhas e de baterias, com enfoque nas baterias de magnésio.

2.1 Conceito de inovação e de patente

A inovação pode ser entendida a partir de diversos aspectos. A primeira definição de inovação apresentada é de Schumpeter, que afirma que a inovação pode ser entendida como o motor do capitalismo. Isto porque na visão dele, inovar é produzir novas coisas, ou as mesmas coisas de outra forma, ou através de diferentes combinações. Alvarez (2010) define inovação como sendo a capacidade de se criar novas formas de gerar e apropriar valor no mercado.

O Manual de Frascati, elaborado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), define as atividades de inovação tecnológica como o conjunto de diligências científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, incluindo o investimento em novos conhecimentos, que realizam ou destinam-se a levar à realização de produtos e processos tecnologicamente novos e melhores (OCDE, 2011, p. 23).

Arbix (2010) define a inovação como sendo a primeira comercialização de uma ideia ou projeto e seu *locus* privilegiado como sendo a empresa. Então, existe uma diferença entre inovação e invenção, dado que a invenção pode ocorrer em qualquer espaço, e não necessariamente possuir uma aplicação que será absorvida pelo mercado. Assim, a transformação de uma invenção numa inovação nem sempre é rápida e exige diferentes tipos de conhecimentos, de capacidade, de habilidade e de recursos. As atividades de P&D são consideradas a fonte mais importante na geração de novos conhecimentos, sendo que o conhecimento pode ser considerado um *input* e as inovações como um *output*.

Conforme apresentado pela OCDE (2011) uma das formas de medir a atividade inovadora de um país é através das publicações dos dados fornecidos pelas patentes, por causa da estreita relação reconhecida e existente entre as patentes e o *output* da inovação.

Em termos gerais, uma patente é um direito de propriedade intelectual que pode ser concedido a empresas, a indivíduos ou a um órgão público por um escritório de patentes. O pedido de uma patente deve atender aos seguintes requisitos: deve ser novo, possuir atividade inventiva (de caráter não óbvio) e possuir aplicação industrial. O direito tem validade de 20 anos e caráter territorial (OCDE, 2011).

Para fins de comparação internacional, o Manual de Frascati orienta que sejam utilizadas estatísticas de patentes de escritórios nacionais e internacionais, como o Instituto Europeu de Patentes (IEP) ou do *Derwent*, que são as principais fontes de dados primárias.

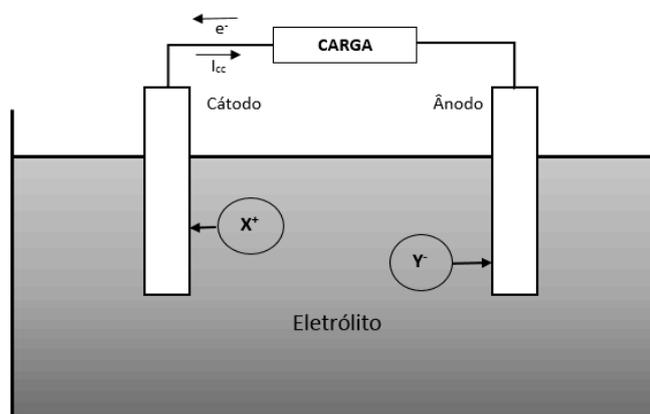
2.2 Conceito de pilhas e baterias

Segundo Nelson e Bolin (1995) uma bateria é um conjunto de células eletroquímicas (pilhas) que podem ser usadas para entregar corrente ou potência para uma carga. Em química define-se que quando uma reação acontece existe uma mudança de energia potencial, que normalmente aparece na forma de calor que está sendo absorvido ou liberado na reação.

No entanto, a mudança de energia potencial em algumas reações químicas pode resultar em energia elétrica, como é o caso da eletrólise. A Figura 1 mostra um exemplo de pilha que segue os princípios similares da eletrólise, também chamada de célula Galvânica ou

célula voltaica. Como já mencionado, a unidade básica de uma bateria é uma célula e a associação de duas ou mais células em série ou em paralelo constitui uma bateria.

Figura 1 – Exemplo de pilha



e^- = Elétron
 X^+ = Íon Positivo
 Y^- = Íon Negativo
 I_{cc} = Fluxo de corrente elétrica

Fonte: Adaptado de Nelson e Bolin (p. 419, 1995)

Cada célula possui dois eletrodos (ânodo e cátodo), que são separados fisicamente por um material isolante elétrico, mas que é um condutor iônico. Os compostos são mergulhados ou envolvidos por um eletrólito (meio condutor). Os parâmetros eletroquímicos comumente utilizados para caracterizar uma célula ou uma bateria serão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físicos para caracterização de baterias

Propriedade	Descrição
Tensão (E)	Potencial ou força eletromotriz de uma célula eletroquímica. É a diferença entre os potenciais de redução e oxidação dos eletrodos. Unidade: volt (V)
Corrente (I)	Movimento ordenado de partículas eletricamente carregadas (elétrons). Pode ser definida como a quantidade de carga que atravessa o condutor por unidade de tempo. Unidade: ampère (A)
Capacidade específica (C)	Quantidade total de corrente por unidade de tempo que uma célula ou bateria fornece até a tensão final de descarga. $C = I \times t$ Unidade de medida: ampère-hora (Ah). Para diferentes tecnologias de baterias, utiliza-se o valor normalizado em massa (Ah/kg) ou volume (Ah/l)

Fonte: Adaptado de Rosolem et al. (p. 61, 2012)

O próximo tópico aborda o funcionamento e as vantagens das pilhas de magnésio, foco do trabalho, tendo como base alguns dos parâmetros definidos na Tabela 1.

2.3 Baterias de magnésio – ar

Li, Yang, Xu e Wang (2013) afirmam que as células de metal – ar são aquelas cujo ânodo é um metal. São consideradas fontes promissoras de energia por causa da sua alta voltagem, alta energia específica, baixo custo, baixo peso e por ser compatível com o meio ambiente.

O uso de um metal reativo como ânodo com o cátodo de ar (em contato com o ar) gera uma pilha com um cátodo inesgotável, permitindo que valores de densidade de energia elevados sejam obtidos, além de contribuir para o meio ambiente. Machado e Cardoso (2004) apresentam as principais vantagens e desvantagens desse tipo de pilhas, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da célula metal – ar

Vantagens	Desvantagens
Elevada densidade de energia	Dependência de condições ambientais
Não poluente	Potência limitada
Armazenamento	Temperatura de funcionamento limitada

Fonte: Adaptado de Machado e Cardoso (p. 4, 2004)

As células geram eletricidade através da reação entre o oxigênio e a liga de metal num líquido eletrolítico. Alguns metais são frequentemente usados como ânodo pelas suas características elétricas, como o magnésio, zinco, alumínio e lítio. Este trabalho concentra-se no uso do magnésio como ânodo, por apresentar vantagens recentemente descobertas na composição da liga.

Os estudos ligados a pilha de magnésio iniciaram-se nos anos 1980, sendo que o magnésio já era bem conhecido pela sua elevada capacidade específica teórica, o que o torna um excelente candidato ao uso como ânodo nas células metal-ar. Machado e Cardoso (2004) apresentam os valores de capacidade específica teórica para os principais metais na Tabela 3.

Tabela 3 – Metais, capacidades específicas e tensões

Metal/Ânodo	Capacidade específica (Ah/kg)	Tensão da pilha (V)
Magnésio	2205	3,1
Zinco	820	1,6
Alumínio	2980	2,7
Lítio	1400	3,4

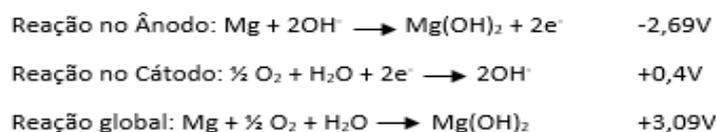
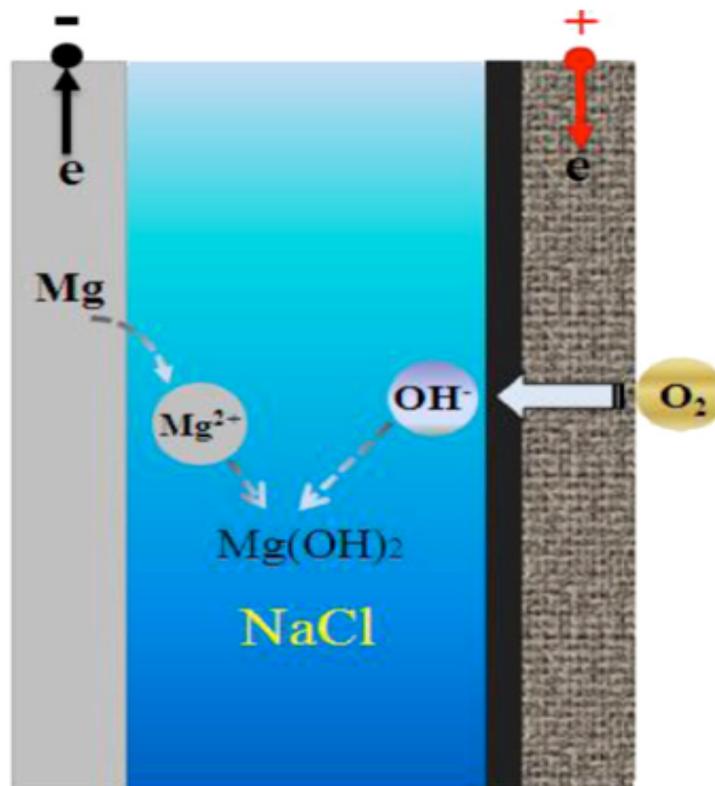
Fonte: Adaptado de Machado e Cardoso (p. 5, 2004)

Jarvis (1990) afirma que as pilhas de magnésio possuem excelente capacidade de armazenamento inicial e a habilidade de reter essa capacidade, durante o armazenamento mesmo a temperaturas elevadas, se dá por uma película de proteção de hidróxido de magnésio, que se forma no ânodo de liga de magnésio. No entanto, durante a descarga a película é removida e a corrosão do ânodo ocorre, gerando hidrogênio e calor.

Com o uso da bateria, a película de hidróxido de magnésio não volta a sua passividade normal e a corrosão do ânodo continua e a bateria perde sua capacidade de armazenamento após ser parcialmente descarregada, não servindo bem para usos longos e intermitentes, conforme previsto inicialmente.

Mesmo com essa desvantagem, o baixo preço e as possibilidades crescentes de aplicação resultaram em novas avaliações do uso industrial das baterias de magnésio, sendo que a redução nos efeitos negativos pode fazer com que esta tecnologia substitua a tecnologia de lítio (JARVIS, 1990). Um diagrama esquemático da célula de magnésio – ar é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Bateria magnésio – ar



Neste estudo será realizado um mapeamento da tecnologia apresentada, detalhando os principais detentores, as aplicações e, através do número de patentes concedidas, verificar se as pesquisas nessa área estão avançando, tendo em vista a importância da tecnologia citada.

3. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, orientada à geração de informações e conhecimentos que podem ser aplicados na solução ou melhoria de problemas específicos. O estudo apresenta uma abordagem quantitativa, com ênfase em análises numéricas dos dados coletados, envolvendo o uso de métodos numéricos aplicados à computação.

Com relação aos objetivos propostos, pode-se considerar um trabalho exploratório, que proporciona familiaridade com o problema central, a fim de torná-lo explícito, integrando a pesquisa bibliográfica e a coleta e a análise de dados secundários.

Os procedimentos iniciaram-se com a busca de referências bibliográficas nas áreas de engenharia em banco de dados nacionais e internacionais. Buscou-se realizar um estudo detalhado dos conceitos de inovação tecnológica, seguido pelo estudo dos conceitos de bateria e bateria de magnésio (questão central do estudo).

Em seguida, os dados secundários foram levantados no *Derwent Innovation Index*, que é uma ferramenta de pesquisa de patentes produzida pela *Thomson Reuters Cientific* e permite que as análises de patentes sejam aprofundadas através de buscas específicas por itens como tópico, inventor, país, e outros. Nessa base de dados foi possível levantar informações mais precisas sobre a tecnologia estudada (baterias de magnésio) e traçar perfis compostos pelas principais empresas detentoras do conhecimento, principais áreas de aplicação e evolução das patentes concedidas no período analisado.

Após a coleta dos dados foram realizadas análises numéricas utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados, para aproximar o comportamento dos valores para uma função polinomial conhecida e prever cenários por meio de extrapolações para um período de cinco anos. Nessa etapa, para obter maior precisão nos resultados algébricos foi implementado um algoritmo no MATLAB®, que encontra-se no Anexo A. Também foram realizados cálculos de variação relativa para analisar o comportamento do número de patentes, comparando-se os últimos cinco anos divulgados com o período previsto.

4. Análise dos dados e discussões

Esta seção encontra-se dividida em duas partes. A primeira delas introduz os dados do *Derwent Innovation Index*, para aferir o desenvolvimento do número de patentes no tópico “baterias de magnésio”. Na segunda parte é realizada uma discussão.

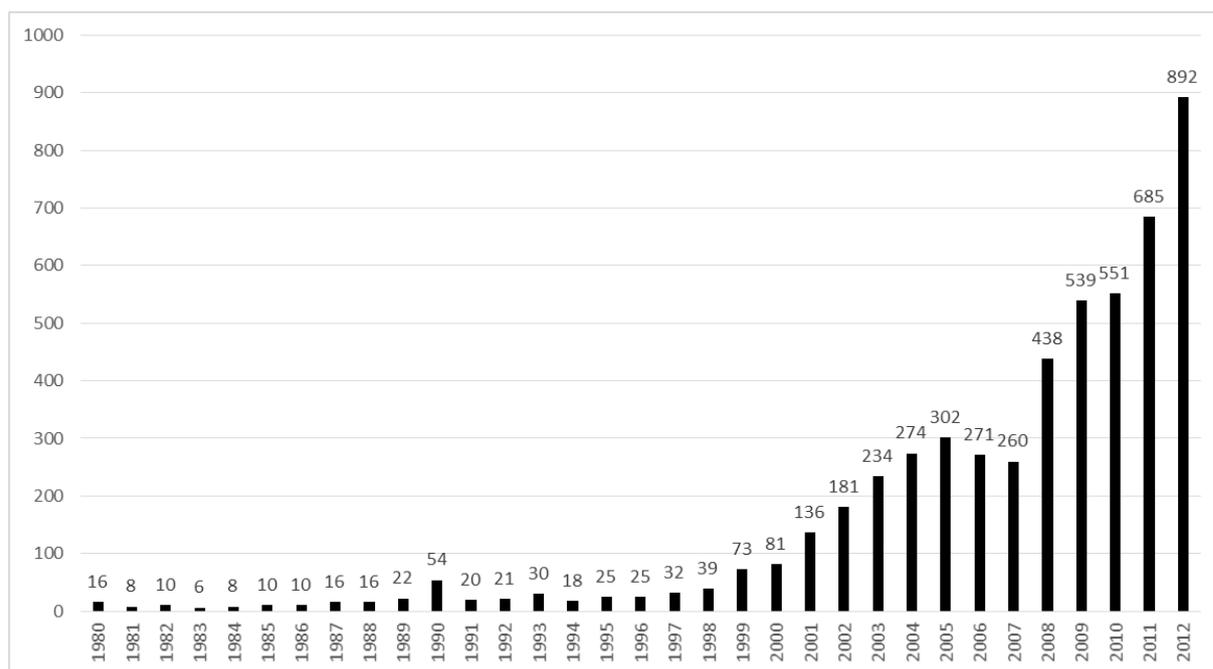
4.1 Análise de patentes – Derwent Innovation Index

Nesta seção utilizou-se o *Derwent* para o mapeamento tecnológico, por meio de informações específicas localizadas por tópico. Os indicadores permitem identificar a quantidade de patentes concedidas com o tópico “baterias de magnésio”, a evolução no número de patentes num intervalo de tempo, os principais depositantes e as principais aplicações.

Em alguns casos, dois ou mais depositantes podem estar ligadas a uma mesma patente ou abranger mais de uma área de aplicação. Caso essas situações ocorram, o valor total das patentes poderá apresentar oscilações, que não prejudicam a análise dos resultados, que levará em conta valores relativos.

A Figura 3 apresenta os valores de patentes concedidas, com referência à tecnologia bateria de magnésio, para um intervalo de tempo de 1980 (início aproximado apontado na literatura de pesquisas na área) a 2012 (último ano fornecido).

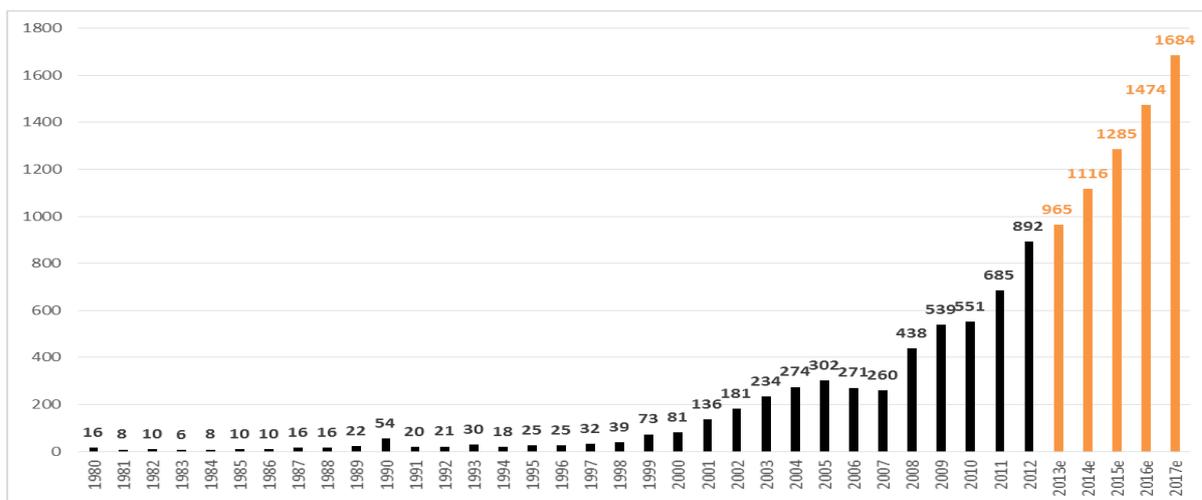
Figura 3 – Patentes concedidas



Fonte: Adaptado de Thomson Reuters (2013a)

A análise da Figura 3 reforça a compatibilidade entre o início aproximado de pesquisas de bateria de magnésio apontado pela literatura e os dados coletados na base de dados, demonstrando um crescimento ao longo dos anos. Utilizando-se o método dos mínimos quadrados, foi realizada uma previsão para os próximos cinco períodos, que encontra-se na Figura 4.

Figura 4 – Patentes concedidas com previsão



Fonte: Adaptado de Thomson Reuters (2013a)

Realizou-se um cálculo de variação relativa, buscando-se comparar o crescimento nos cinco últimos períodos, tendo como referência 2008, e para os próximos cinco anos, tendo como referência 2012. As informações encontram-se na Tabela 4.

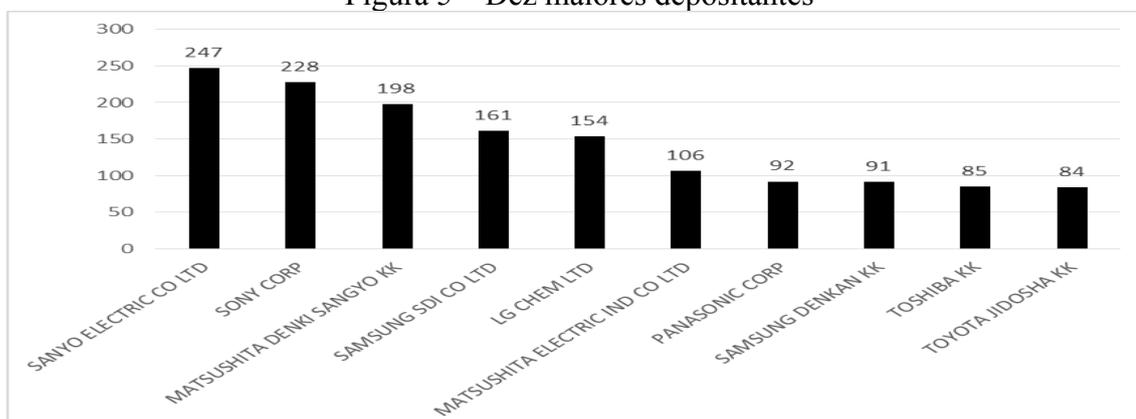
Tabela 4 – Variação relativa no número de patentes

Variação Relativa		
$VR_y = \frac{y_{x+5} - y_x}{y_x}$	Últimos períodos (2008 – 2012)	103%
	Próximos períodos (2013 – 2017)	74%

Fonte: Elaborado pelo autor

A variação relativa demonstrou que no período de 2008 a 2012 houve um crescimento maior, comparando-se o ano de 2007 ao ano de 2011, do que o crescimento apresentado na previsão (2013 – 2017). A Figura 5 apresenta os dez maiores depositantes de patentes para a tecnologia bateria de magnésio.

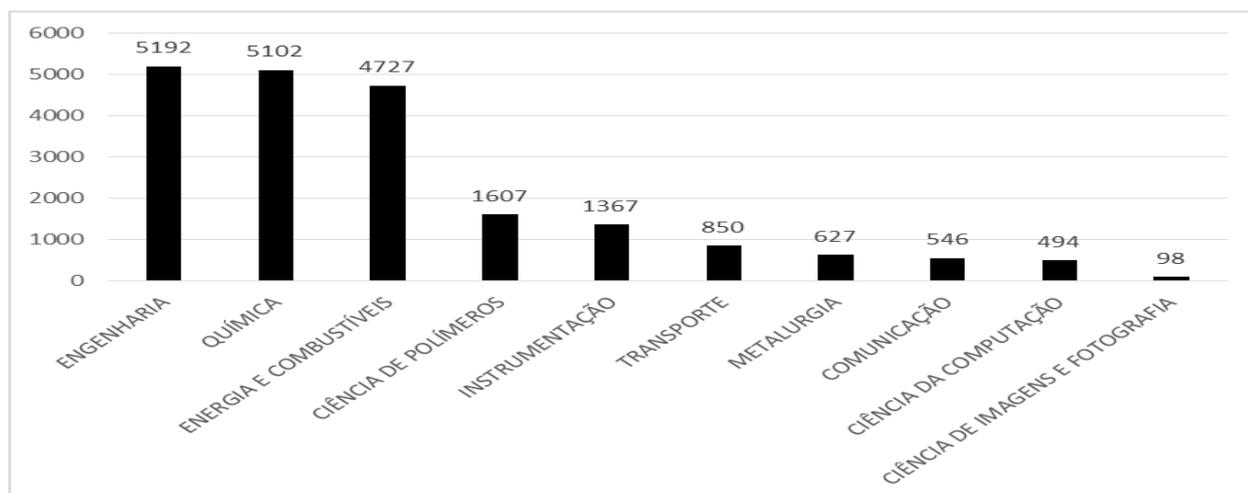
Figura 5 – Dez maiores depositantes



Fonte: Thomson Reuters (2013b)

A maioria dos depositantes são empresas japonesas, ficando em primeiro lugar a *Sanyo Electric Co Ltd.* e em último lugar a *Toyota*. As dez maiores aplicações para a tecnologia buscada são apresentadas na Figura 6 apresenta as aplicações, sendo que podem existir patentes que sirvam a mais de uma área de aplicação.

Figura 6 – Dez maiores áreas de aplicação



Fonte: Thomson Reuters (2013c)

As três principais aplicações encontradas até o momento são na engenharia, química, energia e combustíveis. A aplicação em transportes (6º lugar) é uma das mais exploradas na literatura, em veículos elétricos e híbridos.

4.2 Discussões

Os indicadores obtidos na base de dados do *Derwent* demonstram que o número de patentes ligados às baterias de magnésio cresceram durante o período analisado (1980 – 2012) e a previsão indica que o crescimento deve continuar nos próximos anos. A variação relativa demonstrou que embora o crescimento ocorra, haverá uma desaceleração, justificada pelo fato da tecnologia possuir limitações, que farão o indicador se estabilizar e decrescer, quando novas tecnologias começarem a assumir o lugar das baterias de magnésio.

As principais detentoras dessa tecnologia são as empresas japonesas, sendo as três primeiras a *Sanyo Electric Co Ltd.*, a *Sony Corporation* e a *Matsushita Battery Industrial Co. Ltd* (MBI). No entanto, são comuns *joint ventures*, como pode ser observado no caso da *Toyota*, que não possuía conhecimentos internos em baterias, mas estava desenvolvendo um carro híbrido (*Toyota Prius*) e fez uma parceria com a MBI para o desenvolvimento de baterias. Hoje a *Toyota* investe no desenvolvimento interno de novas tecnologias, como é o caso da bateria de magnésio para substituição da bateria de íon lítio nos veículos híbridos.

As principais aplicações observadas são na engenharia, na química e na energia e combustíveis, no entanto, com as recentes preocupações sobre a poluição do meio ambiente e a procura por soluções de transporte alternativas, as aplicações nessa área tendem a crescer nos próximos anos, o que é demonstrado pelo fato da *Toyota* estar presente entre as dez primeiras empresas.

5. Conclusões

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de realizar um mapeamento científico e tecnológico das baterias de magnésio, utilizando-se o número de patentes como um indicador de P&D, assim como identificar as principais características da tecnologia, seus principais detentores e aplicações.

Os indicadores obtidos na base de dados do *Derwent* demonstram que o número de patentes ligados às baterias de magnésio está crescendo, embora a variação relativa demonstrou que haverá uma desaceleração nos próximos anos, justificada pelo fato da tecnologia possuir limitações e no futuro apresentar outros substitutos. As principais detentoras são as empresas japonesas, em primeiro lugar a *Sanyo Electric Co Ltd.*, e as principais aplicações são na engenharia, na química e na energia e combustíveis, no entanto, a presença da *Toyota* indica que o setor de transportes, sexto colocado, também apresenta relevância. Levando-se em conta a preocupação ambiental e o desenvolvimento crescente de veículos híbridos, a tendência é que as pesquisas em baterias alternativas se intensifiquem.

Mapear as tecnologias que são potenciais substitutas para as utilizadas atualmente confere vantagens competitivas para as organizações, uma vez que o desempenho destas é melhor, como pode ser percebido através dos seus resultados, tais como o alto índice de vendas e de faturamento, conforme as afirmações de Winarski (2010) e Dilling-Hanssem (2003), e garantindo assim a sua sobrevivência no mercado.

Vale ressaltar que o presente estudo possui limitações que podem ser exploradas em outros trabalhos, como o uso de outros indicadores associados ao número de patentes, a aplicação de outras metodologias de previsões de dados e o estudo de caso de empresas que investem na tecnologia apontada para observar o impacto direto dos investimentos em P&D.

Referências

ALVAREZ, Roberto. Inovar é preciso. In: ARBIX, Glauco; SALAERNO, Mario Sergio; TOLEDO, Demétrio et al., **Inovação: estratégia de sete países**. Brasília: ABDI, 2010. p. 32-64.

ARBIX, Glauco. Inovação e desenvolvimento. In: ARBIX, Glauco; SALAERNO, Mario Sergio; TOLEDO, Demétrio et al., **Inovação: estratégia de sete países**. Brasília: ABDI, 2010. p.66-91.

DILLING-HANSEN, Mogens; MADSEN, Erik Strojler; SMITH, Valdemar. Efficiency, R&D and ownership: some empirical evidence. **International Journal of Production Economics**, v. 83, n. 1, p. 85-94, 2003.

JARVIS, Jonathan. The beneficial effect of increased cathode water content on magnesium battery performance. **Proceedings of the 34th International Power Sources Symposium**, p.107-109, 1990.

LI, Zhongfang; YANG, Jianwei; XU, Guofeng; WANG, Suwen. Non-precious cathode electrocatalyst for magnesium air fuel cells: activity and durability of iron-polyphthalocyanine absorbed on carbon black. **Journal of Power Sources**, v. 242, p.157-165, 2013.

MACHADO, Cecília; CARDOSO, José. **Desenvolvimento de uma pilha metal / ar / água do mar**. 2004. 68p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Eletrotécnica, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.

MARTÍNEZ, Humberto Diaz. **Aplicación del oxido de magnesio como catalisador para combustores**. 2012. 93 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica e Eletricista, Faculdade de Engenharia Mecânica e Elétrica Xalapa, Universidad Veracruzana, Xalapa, 2012. Disponível em: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32651/1/diazmartinez.pdf>>. Acesso em: 10/11/2013.

NELSON, John; BOLIN, William. Basics and advances in battery systems. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 31, n. 2, p.419-428, 1995.

ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Frascati 2002**: metodologia proposta para definição da investigação e desenvolvimento experimental. São Paulo: F. Iniciativas, 2011. 386p.

ROSOLEM, Maria de Fátima; BECK, Raul Fernando; DOS SANTOS, Glauco Ribeiro; ARIOLI, Vitor Torquato. Bateria de íon-lítio: conceitos básicos e potencialidades. **Caderno CPqD Tecnologia**, v. 8, n. 2, p.59-72, 2012.

SHU, Chaozhu.; WANG, Erdong; JIANG, Luhua; SUN, Gongquan. High performance cathode based on carbonfiber felt for magnesium-air fuel cells. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, p.5885-5893, 2013.

THOMSON REUTERS. **Derwent Innovation Index**: topic: magnesium battery, timespan: 1980-2012. 2013a. Disponível em: <http://apps.webofknowledge.com/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=2FSFBnwWocoHfGvRtz5&preferencesSaved=>. Acesso em 29/10/2013.

Derwent Innovation Index: topic: magnesium battery, timespan: 1980-2012, analyze results by assignee name, up to 10000. 2013b. Disponível em: <http://apps.webofknowledge.com/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=2FSFBnwWocoHfGvRtz5&preferencesSaved=>. Acesso em 29/10/2013.

Derwent Innovation Index: topic: magnesium battery, timespan: 1980-2012, analyze results by subject areas, up to 10000. 2013c. Disponível em: <http://apps.webofknowledge.com/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=2FSFBnwWocoHfGvRtz5&preferencesSaved=>. Acesso em 29/10/2013.

WINARSKI, Tyson. Protecting Electrical Technology through Patents. **Technology and Society Magazine, IEEE**, v. 29, n. 4, p. 20-29, 2010.

Anexo A: Método dos Mínimos Quadrados implementado no MATLAB®

```
% Algoritmo Método dos Mínimos Quadrados - Desenvolvido em MATLAB
% Aproximação polinomial de funções
% Caso Discreto

clc
format long g
x = input('Entre com os valores de x como um vetor: ');
y = input('Entre com os valores de y como um vetor: ');
z = input('Entre com o valor a ser determinado (x): ');
OrdemMaxima = input('Entre com a ordem do polinômio: ');

teta = zeros(OrdemMaxima+1,OrdemMaxima);
erro= zeros (OrdemMaxima,1);

for norder=1:OrdemMaxima,
    d = norder+1;
    vandermonde = zeros(length(x),d);
    Y = zeros(length(x),1);
    for i=1:length(x),
        phi = zeros(d,1);
        for dd=1:d,
            phi(dd) = x(i)^(dd-1); % Matriz de Vandermonde
        end
        vandermonde(i,:) = phi';
        Y(i) = y(i);
    end
    teta(1:d,norder) = inv(vandermonde'*vandermonde)*vandermonde'*Y;
    erro(norder) = sum((Y - vandermonde*teta(1:d,norder)).^2);
end

for i = 0:OrdemMaxima
    x_achar(i+1) = z^i;
end

% Calculo
coeficientes = teta(:,OrdemMaxima);
y_achar = x_achar*coeficientes;

% Saída de informações
disp(' ')
disp(['O valor aproximado para x = ',num2str(z), ' é ', {y_achar}])
```