

INDICADORES SOBRE DESENVOLVIMENTOS RECENTES EM AÇOS A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE PATENTE*

Bráulio Salumão de Oliveira¹
Douglas Henrique Milanez²
Daniel Rodrigo Leiva³

Resumo

O aço figura como um dos materiais mais utilizados em projetos de engenharia e, portanto, apresenta um grande interesse comercial. Novos desenvolvimentos podem representar vantagens competitivas em um mercado altamente tecnológico, o que leva ao interesse pelo patenteamento como forma de proteger mercado e investimentos em pesquisas. Este trabalho objetivou avaliar os desenvolvimentos de aços entre os anos de 2007 e 2016 a partir da análise de informações contidas em registros de documentos de patentes indexados à base *DerwentInnovations Index*. Os resultados mostram um expressivo número de depósitos na última década, distribuídos entre ligas, processos e aplicações. Destacaram-se o uso de Manganês, Alumínio, Silício e Cromo como principais elementos de liga. Os países mais ativos no patenteamento foram China, Japão e Coréia do Sul seguidos de outros grandes produtores e consumidores mundiais de aço.

Palavras-chave: Aço; Indicadores Tecnológicos; Patentes; Seleção de Materiais.

INDICATORS ON RECENT DEVELOPMENTS IN STEELS BY PATENT DOCUMENTS ANALYSIS

Abstract

Steel stands as one of the most used materials in engineering projects and, therefore has a great commercial interest. New developments may result at competitive advantages in a highly technological market, which leads to a greater interest in patenting as a way of protecting markets and research investments. This study aimed to evaluate the steel alloys developments between the years 2007 and 2016 from patent documents indexed at the Derwent Innovations Index. The results show an expressive number of patent deposits in the last decade, distributed among alloys, processes and applications. The use of Manganese, Aluminum, Silicon and Chromium was highlighted as the main alloying elements. The main active countries in patenting were China, Japan and South Korea followed by other major steel producers and consumers.

Keywords: Steel; Technological Indicators; Patents; Materials Selection.

¹ Engenheiro de Materiais, Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos, São Paulo, Brasil.

² Engenheiro de Materiais, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Pós-Doutorando, Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos, São Paulo, Brasil.

³ Engenheiro de Materiais, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O aço, como material de engenharia, é fundamental para aplicações de alta tecnologia e se tornou elemento base em indústrias de grande impacto na economia como as de construção civil, de transportes e de energia e, por isso, é um dos materiais mais produzidos e comercializados do mundo [1]. A produção mundial de aço bruto recentemente ultrapassou a casa de 1,6 bilhões de toneladas anuais [2], em um montante de transações comerciais estimado na casa dos 800 bilhões de dólares [3].

Nestes dados estão inclusos valores desde ligas simples, encaradas como *commodities*, até produtos de aplicações nobres, com um preço muito acima da média geral. Em um mercado extremamente disputado em termos comerciais e tecnológicos, o desenvolvimento de produtos com melhor desempenho é altamente estimulado através de significativo investimento em pesquisas de novas ligas, processos e aplicações que podem resultar em vantagens competitivas no setor.

Apesar de sua utilização milenar e desse expressivo volume de produção e comércio a nível global, ainda existem muitas oportunidades de novos desenvolvimentos em aços. Estudos recentes visam alternativas para os seus principais limitantes em projetos de seleção de materiais como resistência específica (limite de escoamento / densidade), resistência ao desgaste e à corrosão [4]. Além disso, preocupações com o impacto ambiental, produtividade e custos também se apresentam como requisitos industriais com grande atenção de seus produtores [5]. Em vista de proteger mercados para suas invenções e como uma maneira de recuperar parte de seus investimentos em pesquisa, espera-se que a atividade de patenteamento seja bastante expressiva no mercado siderúrgico. A patente é um título outorgado pelo governo de um país que permite ao detentor a exploração comercial de sua invenção por um período estipulado, 20 anos na maioria dos territórios. Para obtê-lo, o titular do documento deve apresentar com suficiência descritiva o cerne do conhecimento técnico desenvolvido para a pretendida inovação. Dessa maneira, documentos de patentes se apresentam como uma promissora fonte de informações, muitas vezes não disponíveis em outras fontes [6], principalmente em temas de evolução tecnológica constante, como o desenvolvimento de novos materiais e processos.

Logo, uma das maneiras de avaliar a dinâmica de desenvolvimento de uma tecnologia é a partir de informações contidas em patentes relacionadas à mesma, visto que esses documentos se tornam de domínio público após um período de sigilo, e bases com cobertura global permitem o acesso a seus registros [7]. Entretanto, com o grande volume de dados geralmente encontrados, normalmente se utilizam *softwares* que permitem automatizar parcialmente o trabalho [8].

A bibliometria consiste em métodos e técnicas estatísticas com objetivo de mensurar a comunicação técnica e científica [9,10] e se apresenta como uma ferramenta útil para avaliar a produtividade dos esforços no desenvolvimento de um tema, por exemplo uma nova tecnologia [11]. Indicadores bibliométricos podem ser elaborados a partir de registros de documentos de patentes como base para o monitoramento tecnológico, que tem como foco detectar tendências não facilmente perceptíveis, mesmo a especialistas em um tema específico [12,13].

O objetivo deste estudo é avaliar os desenvolvimentos de aços a partir da análise de informações contidas em documentos de patentes com depósitos realizados nos últimos 10 anos. O foco das análises foi na evolução temporal, os principais países

ativos no patenteamento, além dos interesses em temas relacionados como elementos de liga, processos e aplicações dos aços.

2 DESENVOLVIMENTO

A estratégia de busca para recuperação dos registros de documentos de patentes referentes a aços, elaborada e utilizada neste trabalho, é apresentada na Tabela 1. A busca foi realizada na base *DerwentInnovations Index* em 01/06/2018. A escolha da base se justifica por disponibilizar uma cobertura dos principais escritórios de propriedade intelectual do mundo, além de apresentar os serviços de reescrita de títulos e resumos para o idioma inglês, que facilita o trabalho de análise de documentos não originalmente traduzidos [14]. Além disso, trata-se de uma base com acesso gratuito pelo portal de periódicos da CAPES para estudos de fins acadêmicos [15].

Tabela 1. Expressão de busca para recuperação de registros de patentes em aços na base *DerwentInnovations Index*

Etapa da Busca:	Expressão Utilizada:
#1	IP = C22C-38*
#2	TI = <i>steel</i>
#3	#1 AND #2

IP = Busca em códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) [16]; TI = busca de termos no campo título; O Operador de truncamento "*" permite a busca de expressões com a raiz utilizada, no caso os subgrupos do grupo C22C-038*, exemplo: C22C-038/02, e demais ; O operador booleano "AND" que agrupou os resultados em comum nas pesquisas #1 e #2.

O código "C22C-038" da Classificação Internacional de Patentes (CIP), estabelecido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual, se refere a "Ligas ferrosas, por exemplo, ligas de aço" [16]. O uso do termo "*steel*" aplicado a requisito nos títulos dos registros de patentes teve como objetivo diminuir o ruído de documentos não relacionados ao tema de interesse, como possíveis classificações equivocadas, ou em casos que o código foi atribuído, porém em que o aço não se refere como item de destaque do pedido de patente.

Após o resultado final da pesquisa, os registros foram submetidos ao tratamento no *software EarliestPrioritySelector* [17] com o objetivo de recuperar o país e o ano de prioridade. Trata-se de uma maneira de se buscar a data mais próxima ao real desenvolvimento da tecnologia, como recomendam manuais internacionais de estatísticas a partir de documentos de patentes [18,19].

A seguir, os registros foram importados no *software VantagePoint®* (versão 5.0) para operações de filtragem, agrupamentos de termos em comum, criação de listas e matrizes referentes às informações contidas nos campos de interesse. Foram considerados os documentos com data de prioridade entre os anos de 2007 e 2016. O ano de 2016 pode ainda apresentar uma atualização do número total de registros em estudos futuros visto que, após o depósito de um pedido de patente, o documento passa por um período de sigilo de 18 meses, em que seu não fica disponível para consulta pública, além do tempo para indexação dos registros à base [20]. Pelo mesmo motivo, os documentos com prioridade no ano de 2017 também não foram considerados neste estudo.

Os indicadores foram elaborados a partir de informações do ano e país de prioridade das patentes e dos códigos da Classificação Internacional nos níveis de subclasses (4 dígitos), grupos (7 dígitos) e subgrupos (9 dígitos). Para a apresentação final dos

indicadores, foram utilizados os *softwares* MSE Excel® (V. 2016) para os gráficos e VOS Viewer (v. 1.6.7) para as redes de co-ocorrência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da estratégia de busca e após os processos de filtragem e classificação apresentados na seção anterior, foram recuperados 23.717 registros de documentos de patentes com data de depósito entre os anos de 2007 e 2016. A Figura 1 apresenta a evolução temporal destes últimos 10 anos para essa atividade de patenteamento em aços e da produção mundial de aço bruto [2].

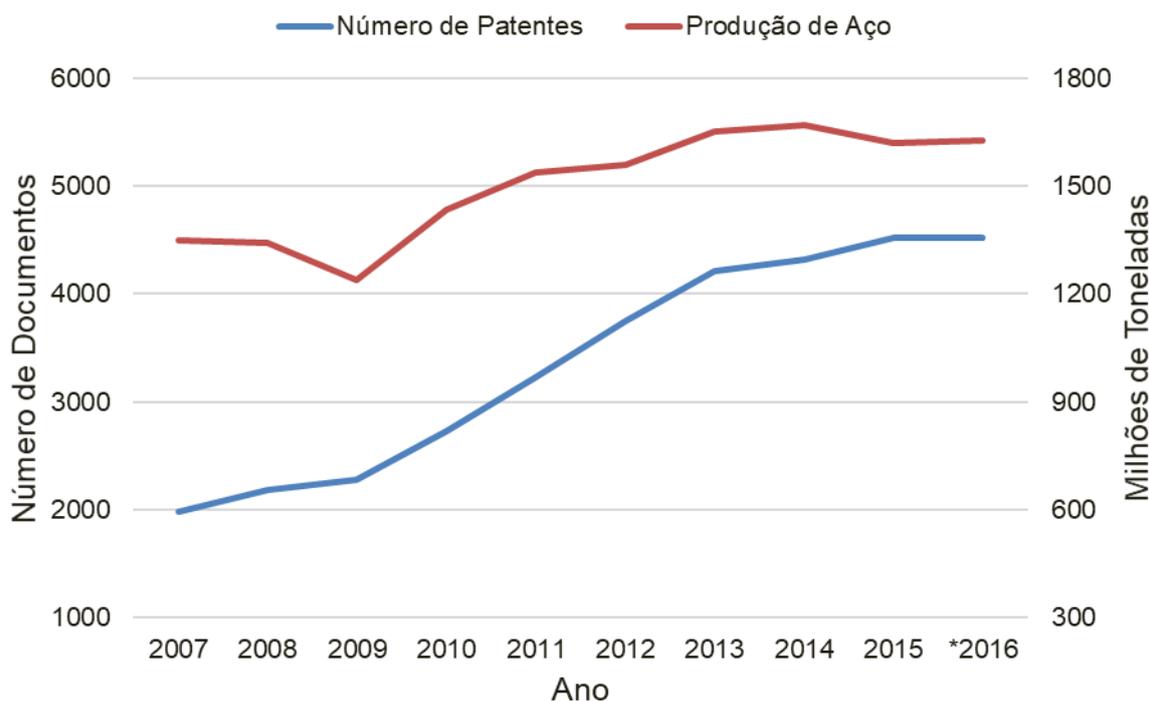


Figura 1. Evolução temporal do depósito de patentes e da produção mundial de aço bruto entre 2007 e 2016. * Dados que podem sofrer alterações do número de patentes visto período de confidencialidade e tempo para indexação na base.

Enquanto a taxa média de evolução da produção de aço para o período avaliado foi de 2,30%, o crescimento do número de pedidos de patentes foi 9,83%, pouco mais de quatro vezes maior. Com os dados de 2016, até o momento, estima-se uma média de 12 depósitos por dia em todo o mundo. Este é um indicativo do potencial de inovação ainda presente para o desenvolvimento de produtos em aços. Assim, espera-se que novas tecnologias sejam apresentadas e aplicadas nos próximos anos, o que torna o monitoramento deste mercado ainda mais importante.

A Figura 2 apresenta os principais temas relacionados ao desenvolvimento das ligas, ou seja, quais códigos da CIP ao nível de subclasse foram também atribuídos pelos analistas dos escritórios de propriedade industrial junto às invenções classificadas no grupo dos aços. Os 12 códigos apresentados nesta rede (além do principal referente às ligas) se referem a 80% do total de documentos recuperados, de um total de uma lista com 311 códigos. A coloração utilizada se refere às ligas (em azul e item base da estratégia de busca), processos da cadeia siderúrgica ou de beneficiamento (em verde) e aplicações (em vermelho). O tamanho dos nodos

representa o número de documentos classificados em cada código e a espessura das linhas corresponde ao número de documentos classificados em ambos.

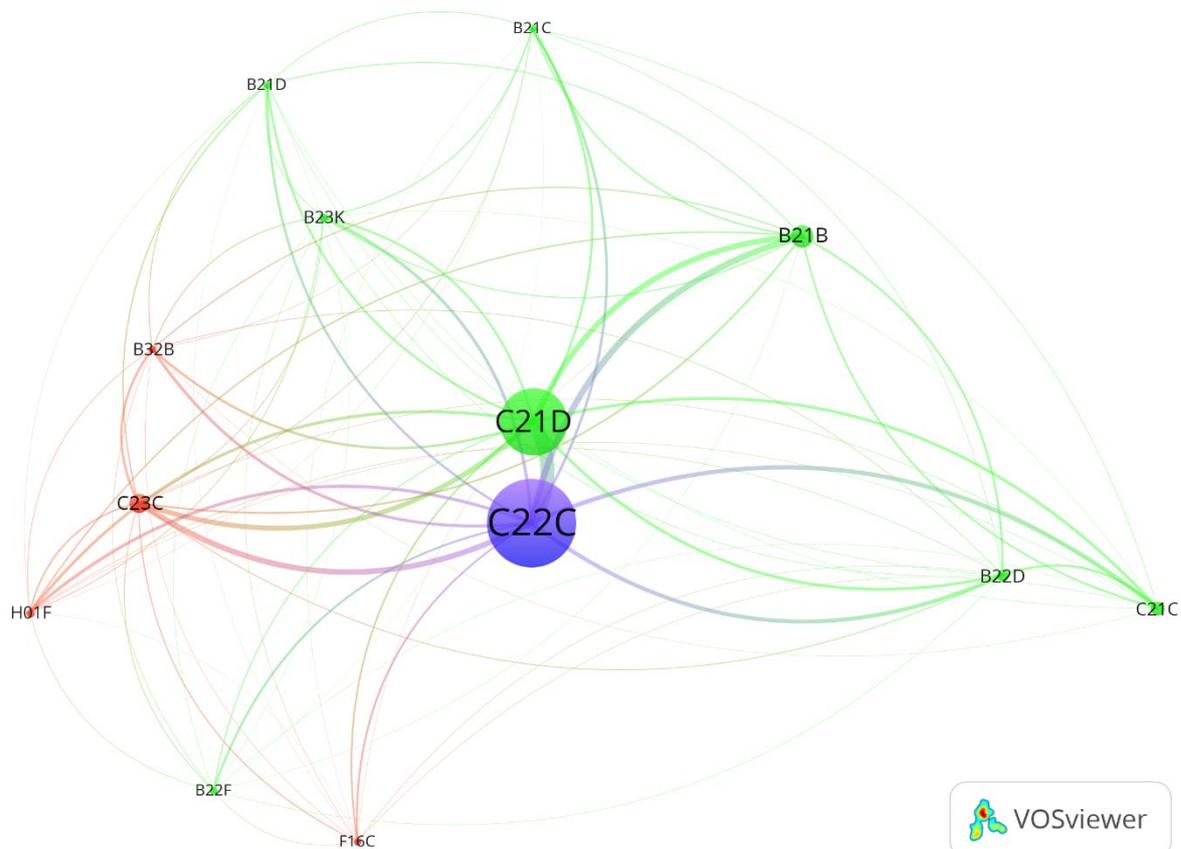


Figura 2. Principais temas de interesse relacionados ao desenvolvimento de aços a partir de subclasses da CIP entre os anos de 2007 e 2016¹.

Nota-se que os temas de modificação das propriedades dos materiais através de tratamentos térmicos (C21D) e / ou deformação plástica (B21B, B21C e B21D) foram os que mais se aproximaram do elemento central, em um indicativo que o planejamento da composição química é altamente influenciado pelo tipo de processamento que será submetido, como esperado. Observam-se também em destaque duas subclasses relacionadas a revestimento (C23C e B32B), que podem se referir tanto ao uso dessas ligas como materiais de revestimento ou o revestimento de produtos previamente manufaturados em aço, como por exemplo

¹ *Legenda: C22C Ligas. C21D Modificação da estrutura física de metais ferrosos; dispositivos gerais para o tratamento térmico de metais ou ligas ferrosas ou não ferrosas; maleabilização de metais por descarburização, revenimento, ou outros tratamentos. B21B Laminação de metal. C23C Revestimento de materiais metálicos; revestimento de materiais com materiais metálicos; tratamento da superfície de materiais metálicos por difusão, por conversão química ou substituição; revestimento por evaporação a vácuo, por pulverização catódica, por implantação de íons ou por deposição química em fase de vapor, em geral. C21C Processamento de ferro gusa, por ex., refino, manufatura de ferro ou de aço forjado; tratamento de ligas ferrosas em estado de fusão. B22D Vazamento de metais; vazamento de outras substâncias pelos mesmos processos ou dispositivos. B23K Soldagem branca ou dessoldagem; soldagem; revestimento ou chapeamento por soldagem; corte pela aplicação localizada de calor, por ex., corte por chama; usinagem por raio laser. H01F Ímãs; indutâncias; transformadores; seleção de materiais específicos devido a suas propriedades magnéticas. B32B Produtos em camadas, i.e., produtos estruturados com camadas de forma plana ou não plana, por ex., em forma celular ou alveolar. B21C Manufatura de chapas, fios, varetas, tubos, perfis de metal ou produtos semiacabados similares por outros processos que não de laminação; operações auxiliares relativas ao trabalho do metal sem remoção essencial do material. B21D Trabalho ou processamento de metal em chapas ou em tubos, varetas ou perfis de metal sem remoção essencial do material; punção. B22F Trabalho mecânico com pó metálico; fabricação de artigos a partir de pó metálico; fabricação de pó metálico. F16C Eixos; eixos flexíveis; elementos dos mecanismos dos eixos de manivela; peças rotativas outras que não elementos de engrenagens; mancais.*

os processos de proteção galvânica. Também relacionadas a oportunidades de aplicação dos desenvolvimentos recentes em aço, as propriedades magnéticas (H01F) se apresentam com uma interação considerável com os já citados códigos de revestimento. Outros processos que apresentaram interesse foram os de soldagem (B23K) e referentes a pó metálico (B22F), bastante dependentes da composição química das ligas para um bom desempenho. Os processos siderúrgicos de refino (C21C) e vazamento (B22D) figuraram especialmente próximos entre si no mapa, e com um bom número de interações, o que evidencia uma crescente preocupação com as etapas mais próximas ao início da cadeia de produção do aço.

Em relação às composições químicas das ligas desenvolvidas na última década, a Figura 3 apresenta a participação percentual dos subgrupos da CIP que se destacaram em classificações no desenvolvimento de aços neste período. Os 12 códigos destacados representam 82% do volume total de registros recuperados, de um total de 30 subgrupos apresentados. Uma limitação do método utilizado se refere a análise mais detalhada de muitos elementos químicos citados separadamente como, por exemplo, no grupo W/Ta/Mo/V/Nb em que o documento classificado pode apresentar qualquer um desses componentes em destaque. Futuros avanços em mineração de dados e textos a partir de registros, reivindicações e documentos completos tendem a contribuir para análises mais detalhadas como, por exemplo, os teores de cada elemento na composição requerida.

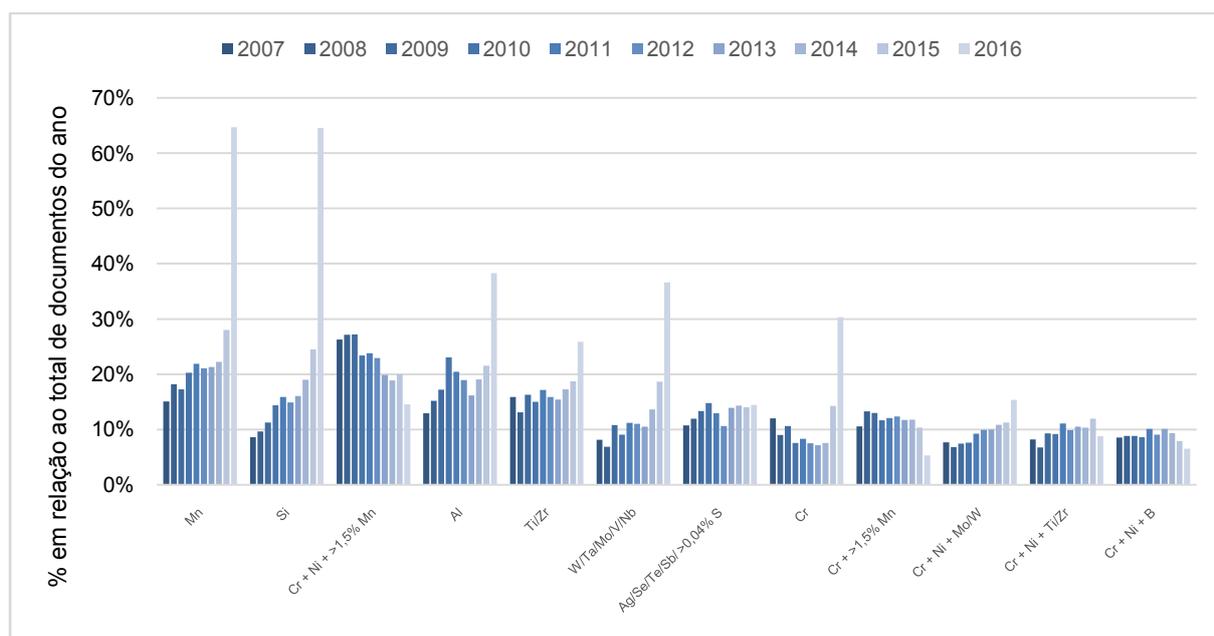


Figura 3. Representação percentual dos principais elementos de liga abordados nas patentes de aços entre 2007 e 2016 a partir de códigos de subgrupos da CIP.

É possível observar um aumento expressivo do número de patentes recentes que apresentam Manganês, Alumínio, Silício e Cromo como elementos de liga destacados. Os dois primeiros são tradicionalmente conhecidos como constituintes da maioria dos aços enquanto o Cromo está relacionado, principalmente, ao destaque da família dos aços inoxidáveis. O Alumínio, muitas vezes indesejado em processos de refino, têm sido consideravelmente utilizado em aços de baixa densidade, de interesse recente demonstrado pela indústria automobilística [21].

O destaque do uso de elementos de liga em relação aos anos do período avaliado pode estar relacionado a fatores de disponibilidade e custo de matéria-prima [22], como pode ser observado em uma ligeira tendência de decrescimento de ligas contendo Níquel como destaque nos períodos mais recentes. Uma dependência regional em relação aos elementos mais utilizados também pode ser fator de destaque em crescimento ou decrescimento de elementos de liga, de acordo com políticas de governo e desenvolvimentos anteriores das indústrias locais.

Com relação aos principais atores no desenvolvimento de aços, bem como seus processos e aplicações relacionadas, a Figura 4 apresenta um mapa que relaciona os países de origem das patentes (azul) e os continentes onde as patentes foram depositadas (vermelho). Novamente, o tamanho dos nodos se refere ao número de documentos de origem ou depósito enquanto a espessura das linhas representam o número de relações.

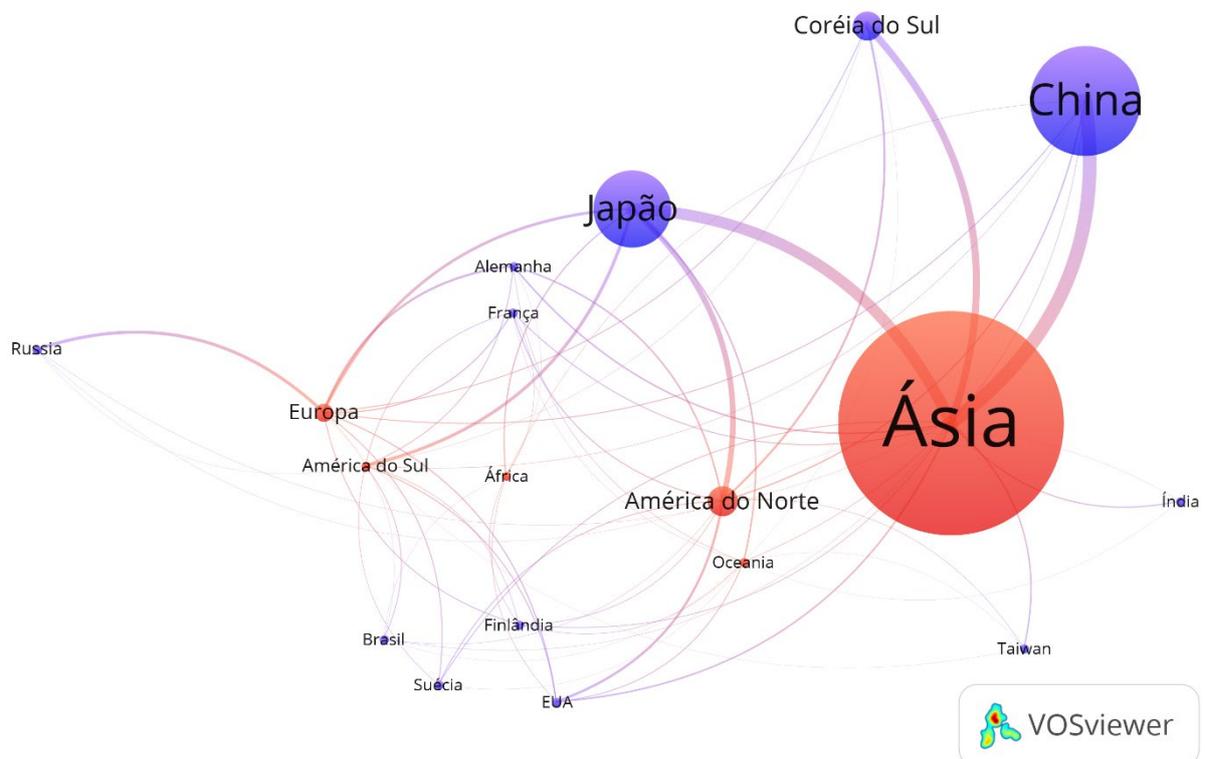


Figura 4. Países de Origem (azul) e região de depósito das patentes em aço no período entre 2007 e 2016.

China, Japão e Coréia do Sul totalizaram 90% do total de pedidos de patentes relacionadas a aços nos últimos 10 anos. Esses mesmos países representam atualmente, em conjunto, cerca de 60% da produção global de aço bruto, com a China sendo responsável em sua maior parte. Pelo fato de os três maiores atores no patenteamento se encontrarem no continente Asiático, e normalmente o primeiro pedido de patente ser realizado no país de origem dos desenvolvedores, a Ásia apresentou um grande destaque em número de depósitos totais.

Nota-se que as patentes de origem chinesa e russa se concentram, majoritariamente, em seus próprios territórios, com poucos desenvolvimentos também protegidos em outros países. Por outro lado, boa parte das patentes originadas no Japão e Coréia do Sul, bem como em outros países destacados como Alemanha, Estados Unidos e Suécia, apresentam um interesse de proteção em outros continentes, considerados mercados relevantes, o que pode ser um indício de

invenções de alto valor comercial, visto o investimento para estender a proteção industrial além do território de origem. Isso não significa, entretanto, que as invenções russas e chinesas sejam menos importantes comercial e tecnologicamente, podendo estar, por exemplo, associadas a políticas de governo e de estratégias de suas organizações.

4 CONCLUSÃO

Os indicadores sobre desenvolvimentos recentes em aços a partir da análise de documentos de patentes mostram que a atividade de patenteamento tem apresentado um crescimento expressivo nos últimos 10 anos. Dessa maneira, apesar de ser um dos materiais economicamente mais importantes e aplicados em nível global, nota-se um amplo espaço para inovação em aços, seus processos e aplicações relacionadas.

Na última década, destacaram-se o desenvolvimento de ligas amplamente relacionadas com seus posteriores processos de beneficiamento e modificação de estrutura, como tratamentos térmicos e conformação mecânica. Em termos de aplicações, uma atenção especial tem sido atribuída a temas de revestimento e produtos que requerem propriedades magnéticas desses aços.

As ligas contendo os elementos Manganês, Silício, Cromo e Alumínio apresentaram um indício de grande interesse no desenvolvimento atual, enquanto o níquel se mostrou com uma participação percentual menor nas tecnologias de aços em relação aos períodos anteriores, provavelmente relacionado a questões de custos.

Os países asiáticos, especialmente China, Japão e Coreia do Sul figuram entre os principais atores no patenteamento recente em aços, sendo responsáveis por 90% da origem dos documentos de patentes na última década. Estados Unidos, Alemanha, França e outros países europeus também apresentam destaque, principalmente quando considerados o número de documentos com proteção ampliada em mercados importantes.

Dado o volume de documentos encontrados e avaliados neste estudo, espera-se que o patenteamento em aços continue com um interesse relevante em um futuro próximo. Dessa maneira, atividades de monitoramento se apresentam como promissoras ferramentas para o auxílio na tomada de decisões que envolvam investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a seleção de materiais e processos. Com o avanço de técnicas de mineração de dados e textos, um detalhamento mais preciso será possível na elaboração de indicadores a partir de documentos de patentes, de maneira a auxiliar ainda mais atividades de monitoramento tecnológico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, FAPESP, Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT-Materiais) e Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da UFSCar (PPG-CEM/UFSCar).

REFERÊNCIAS

- 1 World Steel Association. About Steel. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/about-steel.html>. Acesso em 01/06/2018.
- 2 World Steel Association. Steel Statistical Yearbook 2017. Bruxelas: World Steel Association; 2017.
- 3 Mandavia M, Vijayraghavan K. Global steel market to reach \$865.5 billion by 2020:

- MarketLine 2017. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/indl-goods/svs/steel/global-steel-market-to-reach-865-5-billion-by-2020-marketline/articleshow/57560156.cms>. Acesso em 01/06/2018.
- 4 Keeler S, Kimchi M, J. Mooney P. Advanced High-Strength Steels Application Guidelines Version 6.0. 2017.
 - 5 Mayyas A, Qattawi A, Omar M, Shan D. Design for sustainability in automotive industry: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2012;16:1845–62. doi:10.1016/j.rser.2012.01.012.
 - 6 World Intellectual Property Organization. Finding Technology using patents - An introduction. Geneva: WIPO; 2015.
 - 7 Daim TU, Rueda G, Martin H, Gerdtsri P. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change* 2006;73:981–1012. doi:10.1016/j.techfore.2006.04.004.
 - 8 Faria LIL De, Gregolin JAR, Santos RNM dos. Informação Tecnológica e Seleção de Materiais Technological Information and Materials Selection. *International Journal of Information Science for Decision Making (Online)* 1998;1:27–42.
 - 9 Moed HF, Glänzel W, Schmoch U. Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patent statistics in studies of S & T systems. 2004. doi:10.1007/1-4020-2755-9_20.
 - 10 Waltman L, van Eck NJ, Noyons ECM. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics* 2010;4:629–35. doi:10.1016/j.joi.2010.07.002.
 - 11 Hottenrott H, Thorwarth S. Scientific Productivity. *Kyklos* 2011;64:534–55. doi:10.1111/j.1467-6435.2011.00519.x.
 - 12 Martino JP. A review of selected recent advances in technological forecasting. *Technological Forecasting and Social Change* 2003;70:719–33. doi:10.1016/S0040-1625(02)00375-X.
 - 13 Watts RJ, Porter a. L. Innovation forecasting. *Innovation in Technology Management The Key to Global Leadership PICMET '97* 1997;47:25–47. doi:10.1109/PICMET.1997.653329.
 - 14 Clarivant Analytics. Derwent Innovations Index. Disponível em: <http://apps-webofknowledge.ez31.periodicos.capes.gov.br/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=6EdMHCrtlyj4Uvy7nXm&>. Acesso em 30/05/2018.
 - 15 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior. Periódicos CAPES 2017. Disponível em: <<http://www.periodicos-capes.gov.br.ez31.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em 01/06/2018.
 - 16 World Intellectual Property Organization. International Patent Classification (IPC). IP Services. Disponível em <<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>>. Acesso em 01/06/2018.
 - 17 Milanez DH, Milanez MG, Faria LIL de, Amaral RM Do, Gregolin JAR. The Earliest Priority Selector for compiling patent indicators. 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference - ISSI, Viena: AIT; 2013, p. 1950–3.
 - 18 Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Patent Statistics Manual. 2009. doi:10.1787/9789264056442-en.
 - 19 Organisation for Economic Co-operation and Development. Using Patent Data as Science and Technology Indicators 1994:108.
 - 20 Milanez DH, Macedo TD, Amaral RM do, Faria LIL de, Gregolin JAR. Assessing an interval of confidence to compile time-dependent patent indicators in nanotechnology. 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference 2013;66:1877–80.
 - 21 Chen S, Rana R, Haldar A, Ray RK. Current state of Fe-Mn-Al-C low density steels. *Progress in Materials Science* 2017;89:345–91. doi:10.1016/j.pmatsci.2017.05.002.
 - 22 Boillot P, Peultier J. Use of stainless steels in the industry: Recent and future developments. *Procedia Engineering* 2014;83:309–21.

doi:10.1016/j.proeng.2014.09.015.