

MONITORAMENTO TECNOLÓGICO EM LIGAS FERROSAS UTILIZADAS EM TUBOS NA INDÚSTRIA PETROLÍFERA A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE PATENTES*

Bráulio Salumão de Oliveira¹
Tomaz Toshimi Ishikawa²
Leandro Innocentini Lopes de Faria³
Daniel Rodrigo Leiva⁴

Resumo

A participação do petróleo e gás natural na matriz energética mundial aumenta gradativamente a cada ano. Em estimativas para as próximas duas décadas, tais fontes continuarão a figurar entre as principais na participação em suprir a demanda por energia mundial. Para que seja tecnicamente e economicamente viável a exploração destes recursos, são necessários utilizar produtos e processos inovadores que, por sua vez, exigem evolução da pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e processos. Este estudo objetivou analisar o desenvolvimento tecnológico de ligas ferrosas para os produtos tubulares utilizados nesse mercado, através da elaboração de indicadores a partir de documentos de patentes indexados na base *Derwent Innovations Index* entre 1995 e 2014. Foram elaborados indicadores de evolução temporal, de identificação dos elementos de liga, das tecnologias em processamento dos produtos e das propriedades requeridas além de comparativos entre principais desenvolvedores e seus mercados de interesse. O número de documentos de patentes sobre o tema aumentou significativamente durante o período estudado. Foram notados países com destaque no número de depósitos de patentes, porém com pouca expressão de pedidos fora de seu território. Os principais titulares são empresas japonesas embora a China tenha apresentado a maior tendência de crescimento de depósitos no tema.

Palavras-chave: Ligas ferrosas; Indicadores de patentes; Óleo e gás; Tubos.

TECHNOLOGICAL MONITORING OF FERROUS ALLOYS USED IN TUBES FOR THE OIL INDUSTRY BY PATENT ANALYSYS

Abstract

The share of oil and natural gas in the world energy matrix gradually increases every year. At estimations for the next two decades, these sources will continue to figure as the major participation in the worldwide energy demand. To become the exploitation of these resources technically and economically viable, the use innovative products and processes are needed, which requires research and development efforts of new materials and processes. This study aimed to analyze the technological development of ferrous alloys for tubular products used in this market through elaboration of patent indicators from documents indexed in the *Derwent Innovations Index* between 1994 and 2014. Time-evolution indicators were developed, as well the identification of alloying elements, of process technologies and required properties, as well as a comparison among the leading developers and their markets of interest. The number of patent documents on this subject has increased significantly during the period of study. Some countries have a high number of patent applications, but with little expression applications outside of its territory. The main holders are japanese companies while China had the highest growth deposits trend on this subject.

Keywords: Ferrous alloys; Patent indicators; Oil and gas; Pipes.

¹ Engenheiro de Materiais. Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPG-CEM) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

² Engenheiro de Materiais. Professor Associado do Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar.

³ Engenheiro de Materiais. Professor Adjunto do Departamento de Ciências da Informação, UFSCar.

⁴ Engenheiro de Materiais. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar.

1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial por consumo de energia se mantém crescente e altamente baseada na utilização de hidrocarbonetos como suas principais forças motrizes [1]. A indústria relacionada à exploração e produção de óleo e gás é uma das mais importantes em movimentação de recursos humanos e financeiros, sendo fundamental para o desenvolvimento econômico de um país, através de seus bens e serviços [2].

Para tornar economicamente viável e seguro o aproveitamento desses recursos, desde a extração em reservatórios até a comercialização de derivados, diversos desafios tecnológicos devem ser superados [3]. A inovação em produtos e processos é, dessa maneira, de fundamental importância em todos os segmentos de operação.

No contexto dos tubos utilizados como ferramentas de perfuração, elementos de revestimento das colunas e transporte de fluidos, dentre outros, os requisitos são diversos. Eles exigem que se mantenham funções básicas como vedação do ambiente interno e externo e resistência estrutural, mesmo quando submetidos a condições severas de esforços mecânicos e/ou meios corrosivos [4].

Os materiais ferrosos, em sua grande maioria os aços, são amplamente utilizados neste setor por apresentarem boa relação entre suas propriedades mecânicas e custo de produção. Entretanto, os desafios da indústria petrolífera exigem também desempenho em diversas propriedades funcionais, regidas por várias normas, além das preocupações em termos econômicos e ambientais.

O estudo de documentos de patentes é uma maneira de medir a capacidade de desenvolvimento de uma tecnologia. A patente é um título de propriedade temporário que permite ao detentor o direito de exploração comercial exclusiva da tecnologia desenvolvida. Em contrapartida, o depositante é obrigado a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria no documento de patente [5]. De acordo com Schenk e Webster [6], cerca de 70% da informação contida em patentes não está disponível em nenhuma outra fonte. Dessa maneira, trata-se de um excelente instrumento para o conhecimento do estado da arte de uma tecnologia, que serve de base para o progresso em seu desenvolvimento.

No escopo de análise destes documentos, existem diferentes sistemas de caracterização que classificam as patentes, o que padroniza e facilita o entendimento por grupos de conteúdo tecnológico semelhantes. A Organização Mundial de Patente Industrial (OMPI) [7], por exemplo, estabeleceu a Classificação Internacional de patentes (CIP) que se destaca pela sua abrangência e é amplamente utilizada pelos escritórios nacionais de propriedade industrial [8].

Indicadores tecnológicos podem ser construídos baseados na informação contida nos documentos de patentes. A análise de tais indicadores pode fornecer elementos importantes para fundamentar decisões nas empresas ou outras instituições. Dado o grande volume de informação, é geralmente necessário utilizar softwares de tratamento de informação para viabilizar a análise de grande quantidade de documentos em uma mesma área tecnológica [9].

O objetivo deste estudo foi construir indicadores referentes ao patenteamento de ligas ferrosas com aplicação em produtos tubulares utilizados em exploração e produção de óleo e gás, visando uma melhor compreensão da dinâmica neste assunto tecnológico, o que inclui conhecer os principais interesses envolvidos no desenvolvimento tecnológico nestes produtos. Foram identificadas as principais faixas de composição química protegidas e as tecnologias de destaque em

processamento para seja possível atingir as propriedades desejadas, que também foram enumeradas. Além disso, foram buscados os países em que as tecnologias foram desenvolvidas bem como os principais mercados cujo a proteção foi requerida.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram elaborados indicadores tecnológicos baseados em dados de documentos de patentes, referentes às ligas ferrosas com aplicação em tubos utilizados em exploração e produção de óleo e gás, a partir de registros coletados da base de dados *Derwent Innovation Index* (DII) [10], disponível no portal de periódicos CAPES [11]. O período da busca foi entre os anos de 1995 e 2014, justificado pelo fato que o tempo de duração da proteção intelectual através de patentes é de 20 anos, no Brasil e na maioria dos países [5].

A busca foi realizada através de palavras-chave relacionadas ao tema e códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) no nível de grupo [7] destinados a ligas ferrosas e produtos tubulares utilizados na aplicação estudada. A expressão de busca utilizada está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Expressão de busca utilizada para recuperação de documentos de patentes

Etapa:	Entrada:	Resultados:
#1	IPC: C22C-38* (Ligas à base de ferro, com exceção de Ferro Fundido)	45.358
#2	TS: pip* or tub* or casing* or liner* or riser*	>100.000
#3	IPC: E21B-17* (Produtos utilizados em perfuração e exploração de hidrocarbonetos em poços)	13.783
#4	oil* or gas* or petrol* or hydrocarbon*	>100.000
#5	explor* or extract* or product* or exploit* or drill* or transport* or complet*	>100.000
#6	#2 or #3	>100.000
#7	#6 and #4	>100.000
#8	#7 and #5	>100.000
#9	#8 and #1	818

Após a coleta, os Registros bibliográficos foram tratados no software *Earliest Priority Selector* [12] com foco em buscar pelo país e data do primeiro depósito, que representa a época mais próxima ao real desenvolvimento da tecnologia patenteada, conforme recomendação do Manual de Estatística em Patentes da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE [13].

Em sequência, os dados foram importados para o software de mineração de dados e de texto - *Vantage Point (versão 5.0)* [14], o qual permite a realização de contagens e análises estatísticas de forma semi-automatizada. Nesta etapa, uma limpeza prévia de dados foi realizada para que documentos não relacionados ao tema chave fossem excluídos da análise. A formatação para análise em formato de gráficos e tabelas foi realizada pelos recursos do software *Microsoft Excel 2007*.

Para efeito de análise da evolução temporal, utilizaram-se documentos com data de primeiro depósito (prioridade) até 2012, pois, após esse ano, é provável que existam documentos não indexados à base [15] ou em fase de sigilo [5]. Na elaboração deste indicador, o período de 20 anos foi subdividido em quadriênios, o que permite verificar tendências nos pedidos de depósitos referentes ao tema.

O agrupamento das patentes por elementos de liga e por tecnologias dos processos de beneficiamento foi realizado através dos grupos e sub-grupos da Classificação Internacional de Patentes (CIP), presentes no campo referente e específico dos registros. As propriedades requeridas aos materiais foram identificadas através de palavras-chave extraídas do campo "Vantagens" dos resumos das patentes por meio

de um processamento de linguagem natural (NLP na sigla em inglês) do software *Vantage Point*. Também foram analisados os países/região em que cada tecnologia foi desenvolvida e os mercados de interesse para exploração por meio da contagem do número de pedidos de patentes originados e depositados em cada território.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os processos de limpeza de dados, foram obtidos 750 registros de documentos de patentes. A maioria dos resíduos identificados estavam concentrados em materiais para tanques de combustível de automóveis e aeronaves, pequenos tubos de alimentação de motores e composições químicas de arames de solda utilizados em fabricação de tubos.

Em termos de evolução temporal, a Figura 1 mostra a distribuição, em períodos de quatro anos, de 686 dos 750 documentos de patentes encontrados pela estratégia de busca com data de prioridade entre 1993 e 2012. Observa-se um crescimento de tendência aproximadamente linear para o número de pedidos em ligas ferrosas com aplicação em tubos na indústria petrolífera.

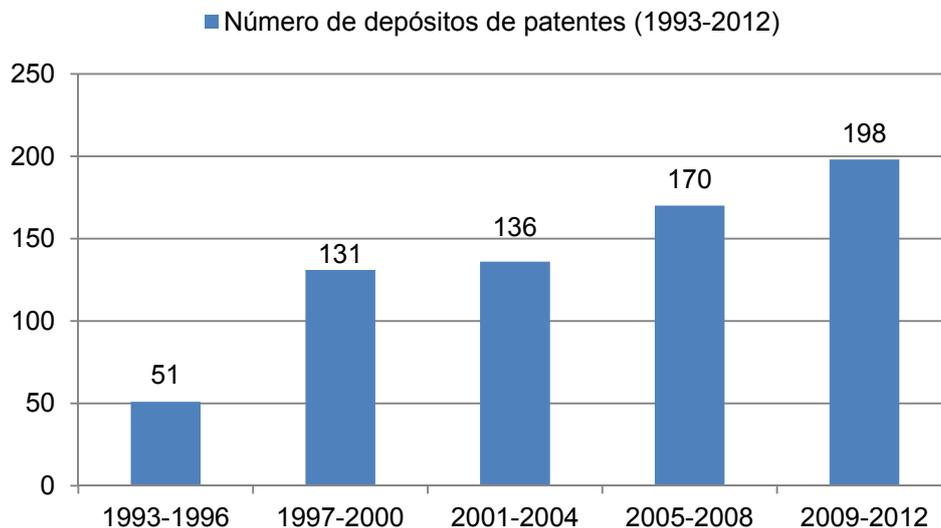
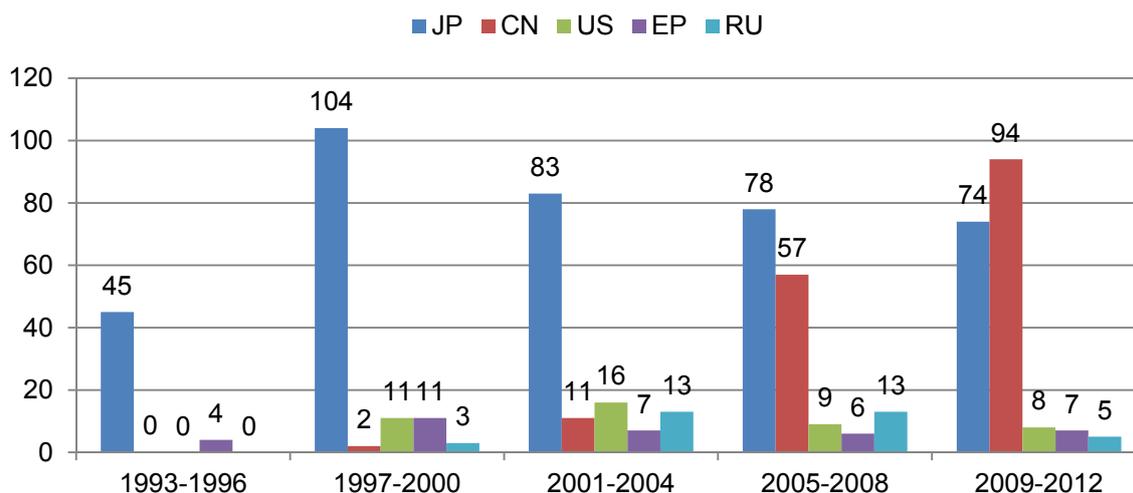


Figura 1: Número de pedidos de patentes com depósito entre 1993 e 2012, recuperados da base *Derwent Innovations Index*

Dessa maneira, embora a tecnologia em ligas ferrosas com aplicação na indústria petrolífera seja considerada uma área madura em termos de desenvolvimento, nota-se que a proteção da propriedade intelectual destes materiais, através de patentes, continua como um instrumento presente. Parte deste comportamento está relacionado ao grande número de pedidos de patente de origem chinesa, a partir do início dos anos 2000. A Figura 2 apresenta a evolução temporal dos cinco países/regiões com maior número de documentos em origem.



JP: Japão; CN: China; US: Estados Unidos; EP: Escritório Europeu de patentes; RU: Rússia

Figura 2: Número de pedidos de patentes por origem, com data de prioridade entre 1993 e 2012, recuperados da base *Derwent Innovations Index*.

Enquanto os pedidos com prioridade no Japão, principal país em número de origem dos documentos recuperados, apresentam uma leve tendência de decréscimo a partir de 2001, o número de pedidos originados na China aparenta uma tendência exponencial de crescimento a partir do período que compreende os anos entre 1997 e 2000. A análise geográfica dos pedidos de patentes em ligas ferrosas com aplicação em dutos para a indústria petrolífera também considera os países ou regiões em que os pedidos foram depositados, que evidencia o interesse da proteção territorial da tecnologia em mercados estratégicos para os titulares.

A Tabela 2 mostra os dez países com maior número em origem de documentos de patentes e a distribuição destes pedidos em territórios/regiões por meio da extensão do depósito em outros escritórios de propriedade industrial. O número entre parênteses, na primeira coluna, representa o número de documentos com inventores residentes daquele país, enquanto o da primeira linha se refere ao número total de depósitos no país/região citado.

Tabela 2: Países/regiões de origem e de depósitos dos documentos de patentes

		País/Região de Depósito das Patentes (Total)						
		JP (433)	CN (322)	US (142)	EP (123)	TRIAD (94)	TETRAD (69)	BR (34)
País de Origem da Patente (Total)	JP (389)	382	64	74	72	65	50	13
	CN (220)	0	220	1	0	0	0	0
	US (45)	23	18	36	19	11	9	8
	RU (34)	0	2	0	1	0	0	0
	KR (17)	6	5	4	2	2	2	0
	FR (10)	5	2	4	6	3	2	1
	DE (9)	6	2	5	7	5	1	1
	SE (5)	4	2	4	4	3	1	3
	BR (3)	0	0	1	0	0	0	3
	IT (3)	3	3	2	3	2	2	1

JP: Japão; CN: China; US: Estados Unidos; RU: Rússia; EP: Escritório Europeu de Patentes; KR: Coreia do Sul; FR: França; DE: Alemanha; SE: Suécia; BR: Brasil; IT: Itália; TRIAD: Patentes Triádicas (US+EP+JP); TETRAD: Patentes Tetrádicas (TRIAD + CN)

O Japão também se apresentou como o país com o maior número de documentos depositados em seu escritório de patentes, apesar de não constar na lista dos

principais produtores de óleo e gás. Também consta, junto aos Estados Unidos, com os maiores números de patentes Triádicas e Tetrádicas, o que representa a preocupação dos titulares das patentes nesses países em proteger suas invenções nos mercados mais disputados do mundo.

A China apresenta apenas um documento com extensão de depósito fora de seu território, o que evidencia o interesse da proteção comercial dessas ligas apenas em seu país. Apesar disso, apresenta a maior parte dos pedidos de patentes em seu escritório de propriedade industrial feito por residentes, o que o caracteriza como um país detentor de tecnologia nestes tipos de materiais, assim como o Japão e os Estados Unidos. O Brasil, com um baixo número de patentes originadas por residentes comparado aos não-residentes, pode ser considerado como um país importador de tecnologia nesta área.

Quanto à composição química das ligas ferrosas para aplicação em dutos na indústria petrolífera, a Tabela 3 apresenta os resultados do número de documentos classificados por elemento de liga, de acordo com os códigos da CIP, nos escritórios nacionais de propriedade industrial durante o exame pelos analistas de patentes. Neste caso, pode haver outros elementos ainda não contemplados por um grupo específico da classificação, citados apenas no campo de reivindicações dos documentos de patente.

Tabela 3: Número de Documentos de Patentes, indexados à base *Derwent Innovations Index*, por elemento de liga, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (CIP)

Elementos de Liga		Número de Documentos:	% do Total:	
Silício		33	4,40%	
Manganês		82	10,93%	
Alumínio		52	6,93%	
Níquel		10	1,33%	
W / Ta / Mo / V / Nb		68	9,07%	
Ti / Zr		156	20,80%	
Cobre		56	7,47%	
Cromo		53	7,07%	
Ligas de Ferro	Cr + Cu	18	2,40%	
	Cr + Mo/W	60	8,00%	
	Cr + V	30	4,00%	
	Cr + Nb/Ta	27	3,60%	
	Cr + Ti/Zr	49	6,53%	
	Cr + Co	2	0,27%	
	Cr + B	42	5,60%	
	Cr + >1,5%p Si	9	1,20%	
	Cr + >1,7%p C	3	0,40%	
	Cr + >1,5%p Mn	58	7,73%	
	Cr + Ni	49	6,53%	
	Ligas de Ferro-Cromo	Cr + Ni + Cu	34	4,53%
		Cr + Ni + Mo/W	82	10,93%
		Cr + Ni + V	40	5,33%
Cr + Ni + Nb/Ta		44	5,87%	
Cr + Ni + Ti/Zr		89	11,87%	
Cr + Ni + Co		7	0,93%	
Cr + Ni + B		67	8,93%	
Cr + Ni + >1,7%p C		3	0,40%	
Cr + Ni + >1,5%p Mn	314	41,87%		
Pb/Se/Te/Sb/ > 0,04%w S		26	3,47%	

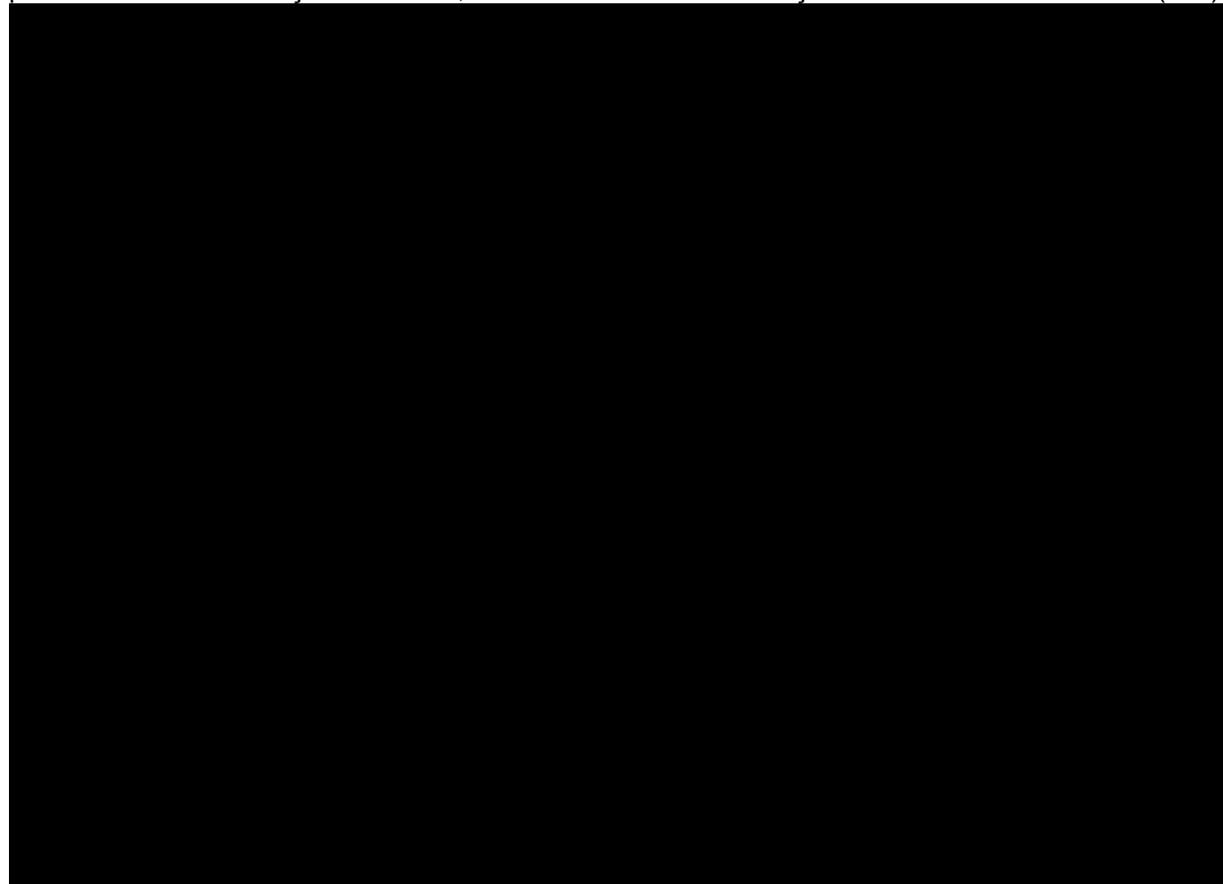
O caractere "/" representa a presença de um elemento químico ou outro, da mesma linha. O caractere ">" representa a quantidade mínima do elemento. A expressão "%p" representa a porcentagem em peso do elemento na composição da liga.

Em destaque, com participação acima de 10% do total de documentos analisados, se apresentam as ligas de Ferro com adição de Manganês, Titânio ou Zircônio, além dos materiais com adição de Cromo e Níquel como principais elementos de liga, que concentraram o maior volume de documentos classificados. Nos primeiros, busca-se

melhoria das propriedades mecânicas no produto final, através da alteração da microestrutura ou por facilitar processos de Tratamentos Térmicos. Já no segundo caso, a adição dos elementos está relacionada à proteção anti-corrosiva do material, de acordo com a necessidade requerida em sua aplicação.

A análise com foco em tecnologia dos processos de produção e beneficiamento dos produtos se encontra na Tabela 4. Neste caso, apresentam-se divididos, por características, o número de documentos de patentes em que também constaram, no campo referente à sua classificação, grupos ou sub-grupos da CIP relacionados a processos de transformação de materiais.

Tabela 4: Número de Documentos de Patente, indexados à base *Derwent Innovations Index*, por processo de transformação de metais, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (CIP)

The content of Table 4 is completely redacted with a solid black rectangle, making the data unreadable.

O foco das tecnologias se apresenta bem distribuído entre produtos planos e tubulares, bem como concentrados nos processos de conformação mecânica e de tratamentos térmicos. A laminação apresenta destaque por ser um processo fundamental tanto no beneficiamento de produtos tubulares a partir de lingotes cilíndricos quanto na produção de aços planos, chapas e tiras, que após processos de conformação e soldagem darão forma ao tubo.

Entre as tecnologias relacionadas aos tratamentos térmicos, àquelas relacionadas à sua realização nos produtos já em formato tubular foram destaque. Este fato pode estar relacionado à dificuldade de conformação de um produto plano já com as propriedades mecânicas desejadas quando impostos altos valores de limite mínimo para resistência ao escoamento. Neste caso, geralmente opta-se por partir de um material de forma plana, com composição química que lhe permite ser conformado e soldado, porém que podem ser otimizadas com a aplicação posterior de tratamentos térmicos.

No campo das propriedades dos materiais, para atingir requerimentos da aplicação na indústria petrolífera, a Figura 3 apresenta as mais citadas, em percentual relativo ao número total de documentos analisados. Obviamente, essas propriedades são buscadas através de melhorias na composição química e nos processos de produção, já citados, e representam os principais desafios técnicos impostos aos produtos tubulares em sua vasta gama de atuação.

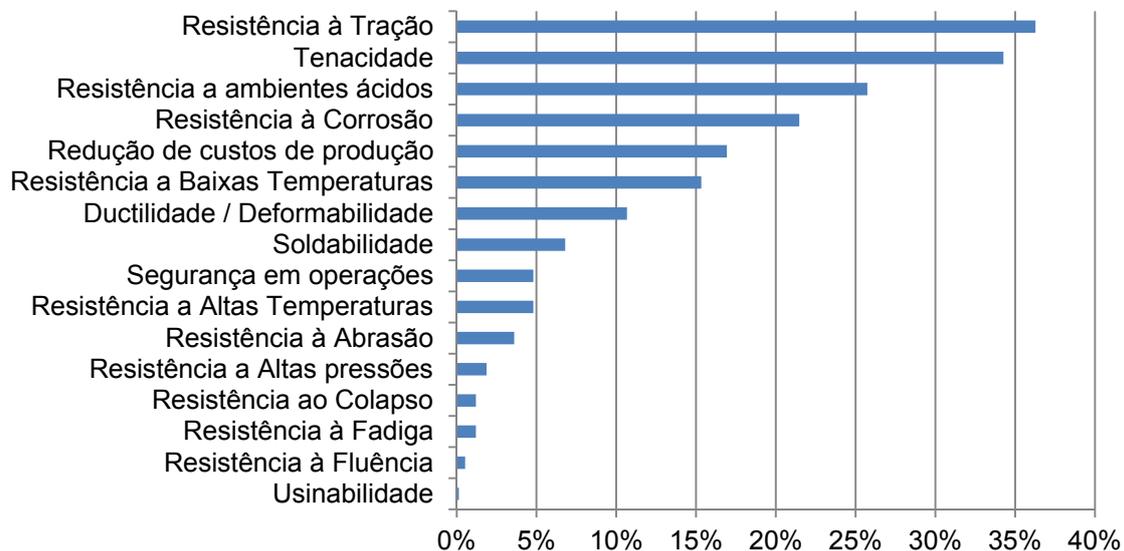


Figura 3: Percentual de documentos relacionados às propriedades dos materiais através da análise de termos do campo Resumo/Vantagem (NLP) dos documentos recuperados.

As propriedades mecânicas figuraram como as mais citadas no cenário de desenvolvimento e melhorias das ligas ferrosas com aplicação em tubos na indústria petrolífera, seguidas das propriedades funcionais de resistência à corrosão e aplicação em ambientes ácidos. Também nota-se a presença de quesitos operacionais como redução de custos e segurança, justificados por ser um setor de alto investimento e periculosidade.

Certamente, essas propriedades não são esperadas apenas dos tubos na indústria petrolífera, mas também da infinidade de produtos que a permitem operar, em que as ligas ferrosas são amplamente utilizadas. Dessa maneira, a relação fundamental no estudo dos materiais, estrutura-processamento-propriedades, pode ser estendida a vários segmentos de aplicações neste setor.

4 CONCLUSÃO

Por meio da elaboração de indicadores, a partir de documentos de patentes em ligas ferrosas com aplicação em tubos utilizados na indústria petrolífera, foi possível observar que o desenvolvimento de tecnologias em materiais possui interesse em tendência de crescimento, dado os atuais desafios técnicos do setor, como novas fontes e redução de custos. O número de pedidos de patentes aumentou cerca de quatro vezes em um período de 20 anos, o que comprova a preocupação com a proteção intelectual por parte dos que propiciam a inovação neste tema. Um dos principais responsáveis pelo aumento do número de pedidos é a China que, embora ocupe a segunda posição em número de origem de documentos, atrás do Japão, apresenta uma taxa de crescimento exponencial.

Foi possível observar a utilização da composição química e dos processos de beneficiamento como fatores fundamentais e inter-relacionados para atingir as

propriedades requeridas para a aplicação das ligas ferrosas na indústria petrolífera. Notou-se, como principais desafios técnicos, o aumento da resistência mecânica dos produtos tubulares, bem como a melhoria de seu desempenho a ambientes agressivos em termos de acidez e corrosão.

No contexto de materiais, é fundamental o constante monitoramento tecnológico, tanto de mercado quanto de seus desafios técnicos, para que os recursos necessários para superá-los sejam planejados e desenvolvidos com foco em melhorias de eficiência e redução de custos, fundamentais à indústria de petróleo e gás natural.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPG-CEM) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e ao Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT/Materiais).

REFERÊNCIAS

- 1 International Energy Agency: World Energy Outlook 2014 – Executive Summary. OECD/IEA, Paris.
- 2 Amui, S. Petróleo e gás natural para executivos. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 296p. ISBN 978-85-7193-227-2.
- 3 Pottmaier, D.; Melo, C.R.; Sartor, M.N. *et al.* The Brazilian energy matrix: from a materials science and engineering perspective. *Renew Sustain Energy Rev*, 19 (2013), pp. 678–691.
- 4 Thomas, J. E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Interciência, 2004.
- 5 Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Guia Básico – Patentes. Disponível: http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes [Acesso: dez 2014].
- 6 Schenk, M. T. ; Webster, J. K. What every engineer should know about Engineering Information Resources. Marcel Dekker, 1984. 216 p.
- 7 Organização Mundial da Propriedade Intelectual. International Patent Classification. Disponível: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/>. [Acesso: dez 2014].
- 8 Caruso, L.A.; Tigre, P.B. Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. Montevideo: Cinterfor/OIT, 2004 77p.
- 9 Faria, L.I.L.; Gregolin, J.A.R.; Santos, R.N.M. Technological Information And Materials Selection. *Information Science for Decision Making. The International Journal of Information Science for Decision Making (Online)*, v. 1, p. 27-42, 1998 .
- 10 Thomson Reuters. Derwent Innovations Index. Disponível em: <http://thomsonreuters.com/derwent-innovations-index/> [Acesso em: jan 2015].
- 11 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Portal de Periódicos. Disponível em: [http:// www- periódicos -capes- gov-br.ez31.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_phome](http://www-periodicos-capes-gov-br.ez31.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_phome). [Acesso em: jan. 2015].
- 12 Milanez, D.H.; Milanez, M.G.; Faria, L.I.L.; Amaral, R.M.; Gregolin, J.A.R.. The Earliest Priority Selector for Compiling Patent Indicators. *Proceedings of the 14th International Society of Scientometrics and Infometrics Conference - 2013 (ISSI '13)*. Vienna: Austria. p. 1950-1953.
- 13 Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Patent Statistics Manual. OECD; 2009. Patent Manual.
- 14 The Vantage Point. Vantage Point. Disponível em: <http://www.thevantagepoint.com/products/vantagepoint.html>. [Acesso em: dez. 2014].
- 15 Milanez, D. H. *et al.* Assessing an interval of confidence to compile time-dependent patent indicators in nanotechnology. *14th International Society of Scientometrics and Infometrics Conference*. Anais...Vienna: 2013.