



INDICADORES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS EM CONEXÕES PARA TUBOS UTILIZADOS EM EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE ÓLEO E GÁS

Bráulio Salumão de Oliveira^{1,2}; Douglas Henrique Milanez^{1,2}; Tomaz Toshimi Ishikawa¹;
Leandro Innocentini Lopes de Faria²; Daniel Rodrigo Leiva²

¹Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais
brauliosalumao@gmail.com

²Universidade Federal de São Carlos, Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT/Materiais)
nit@nit.ufscar.br

RESUMO

A extração e tratamento de hidrocarbonetos obtidos a partir de fontes consideradas não-convencionais como o pré-sal brasileiro e *shale gas* norte-americano têm aumentado gradativamente a cada ano. Em estimativas para as próximas duas décadas, tais fontes terão o principal crescimento na participação em suprir a demanda por energia mundial. Para que seja economicamente viável a exploração e produção nestas fontes, é necessário a utilização de produtos e processos inovadores, que por sua vez exigem também evolução da pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e processos. Este estudo objetivou analisar o desenvolvimento tecnológico de conexões para os produtos tubulares utilizados nesse mercado, através da elaboração de indicadores a partir de documentos de patentes indexados na base *Derwent Innovations Index* nos últimos 20 anos. Foram elaborados indicadores de evolução temporal, identificação dos principais titulares, desafios tecnológicos para o produto e comparativos entre os principais desenvolvedores e seus mercados de interesse. O número de documentos de patentes sobre o tema aumentou significativamente durante o período estudado. Os principais desenvolvimentos se concentraram em melhorias na selabilidade, seguido de segurança para trabalhos a altas pressões e redução de custos. Notaram-se países com destaque no número de depósitos de patentes, porém com pouca expressão de pedidos em seu território. O Brasil, entretanto, figura com baixo número em origem de depósitos, apesar de estar entre os 10 principais países em pedidos em seu escritório de patentes.

Palavras-chave: indicadores, patentes, conexões, óleo e gás; exploração e produção.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo consumo de energia mundial se mantém fortemente sustentada na utilização de hidrocarbonetos como suas principais forças motrizes [IEA,2014]. A indústria de bens e serviços relacionados à extração de óleo e gás é uma das mais importantes em movimentação de recursos humanos e financeiros, fundamentais ao desenvolvimento econômico de um país [AMUI,2010]. Estimativas de

especialistas, como o *Energy Outlook* [BP, 2014] discutem que, nos próximos 20 anos, petróleo e gás continuarão como a principal procedência para o suprimento energético, mesmo com o advento de tecnologias ecologicamente limpas e renováveis.

É amplamente noticiado que o petróleo e o gás natural são recursos que, em breve, terão suas fontes esgotadas caso sua produção e consumo continuem a crescer, mesmo com a descoberta de volumes expressivos em novas fontes não



convencionais, como reservatórios em camadas pré-sal e o *shale gas*, este último encontrado em rochas impermeáveis ou de baixa permeabilidade [BELSUL, 2015]. Prevê-se que tais fontes, inclusive, terão expressivo aumento de participação no volume total de produção nas próximas duas décadas [EIA,2014], quando as técnicas de exploração estiverem bem desenvolvidas.

Justamente para que seja economicamente viável e seguro a exploração de recursos a partir desses e outros reservatórios, desafios técnicos necessitam ser superados [POTTMAIER *et al*, 2013]. A inovação em produtos e processos é, portanto, de indispensável importância em todos os segmentos de operação.

No escopo dos tubos utilizados tanto como ferramentas de perfuração, quanto elementos de revestimento das colunas, os requisitos são diversos. Eles exigem que se mantenham as 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 [THOMAS, 2004].

Partes fundamentais na união de produtos tubulares, as conexões usinadas são amplamente utilizadas nos processos de exploração e produção de óleo e gás [TELLES, 1993]. Elas são responsáveis em manter unidos os tubos ou hastes por todo o segmento de coluna ou ferramenta e responder de forma efetiva às solicitações mecânicas e de degradação ambiental. São consideradas regiões críticas pelo fato de apresentarem descontinuidade de material. Portanto, dependem da capacidade de seu projeto mecânico e das propriedades do material com que são produzidas para garantia de sua eficácia, o que abre oportunidades de inovação e em ambos os fatores.

Uma maneira de medir a capacidade de desenvolvimento de uma tecnologia é através do estudo de documentos de patentes. 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 [INPI,2014]. Segundo Schenk e Webster [1984], 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 contexto destes documentos, existem diferentes sistemas de classificação que caracterizam as patentes, o que padroniza e facilita o entendimento por grupos de conteúdo tecnológico. A Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) [2014], por exemplo, estabeleceu a Classificação Internacional de patentes (CIP) que se destaca e é amplamente utilizada pelos escritórios nacionais de propriedade industrial [CARUSO; TIGRE, 2004].

Indicadores tecnológicos podem ser construídos baseados na informação contida nos documentos de patentes. 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 [FARIA; GREGOLIN; SANTOS, 1998], como em conexões em tubos para exploração de petróleo.

O objetivo deste estudo foi entender a dinâmica do patenteamento relacionado a conexões para produtos tubulares utilizados em exploração e produção de óleo e gás a partir de indicadores tecnológicos, o que inclui identificar os interesses sobre o desenvolvimento de tecnologia nestes produtos. Foram identificadas as principais empresas e instituições detentoras de patentes, os principais desafios com que lidam, a evolução temporal, bem como os países



em que as tecnologias foram desenvolvidas e os principais mercados cujo a proteção foi requerida.

2. METODOLOGIA

Foram elaborados indicadores de documentos de patentes referentes às conexões usinadas para tubos utilizados em exploração e produção de óleo e gás a partir de registros coletados da base de dados *Derwent Innovation Index* (DII) [THOMSOM REUTERS, 2014], disponível no portal de periódicos CAPES [CAPES, 2014]. O período da busca foi entre 1994 e 2014, visto que o tempo de duração da proteção intelectual através de patentes é de 20 anos, na maioria dos países, inclusive no Brasil [INPI, 2014].

A busca foi realizada através de códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) no nível de grupo [OMPI, 2014] destinados para conexões usinadas e de tubos utilizados em produção e exploração de óleo e gás. A expressão de busca final está apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Expressão de busca utilizada para recuperação dos documentos de patente.

Etapa da Busca	Código CIP
#1	IP=F16L 015*
#2	IP=E21B 017*
#3	#1 AND #2

Código CIP: F16L 015*: Juntas roscadas; Formas de roscas para essas juntas.

Código CIP: E21B 017*: Hastes ou tubos de perfuração; Colunas de perfuração flexíveis; Hastes quadradas ("Kellies"); Comandos; Hastes de sucção; Revestimentos; Tubos de produção.

Após a coleta, os Registros bibliográficos foram tratados no software *Earliest Priority Selector* [MILANEZ *et al*, 2013a] com o objetivo de buscar pela data e país 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 - OECD [2009].

Em seguida, os dados foram importados pelo software de mineração de dados e de texto - *Vantage Point* (versão 5.0) [THE VANTAGE POINT, 2014] para realização de contagens e análises estatísticas de forma semi-automatizada. A formatação para análise em formato de gráficos e tabelas foi realizada com os recursos do software *Microsoft Excel 2007*.

Para efeito de análise da evolução temporal, utilizaram-se documentos com pedido de prioridade (primeiro depósito) até 2011, visto que, após esse ano, possivelmente existem documentos ainda não publicados em fase de sigilo [INPI, 2014] ou ainda não indexados à base [MILANEZ *et al*, 2013b]. Para a construção deste indicador, o período de 20 anos foi subdividido em intervalos de cinco anos para visualização de tendência nos pedidos de depósitos a respeito do tema estudado.

Os desafios tecnológicos foram identificados 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*. Após um processo de limpeza de dados e agrupamento de termos em comum, foi possível categorizar as patentes de acordo com as principais melhorias apresentadas. Foram considerados os termos mais citados após agrupamento e, a partir destes, contabilizou-se, individualmente, a representação percentual em relação ao volume total de documentos encontrados.

Para a identificação dos principais depositantes foram considerados os dados contidos no campo "Titular" das patentes, também após um processo de agrupamento de forma a considerar os diferentes registros de nomes que pertencem ao mesmo grupo jurídico ou corporação, além de eventuais pequenas alterações na grafia encontrada no campo



referente. Além do ranking com o número total de pedidos depositados, foi verificado os esforços tecnológicos de cada titular.

Também foram analisados os países/região em que cada tecnologia foi desenvolvida e os mercados explorados por meio da contagem do número de pedidos de patentes originados e depositados em cada território.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número total de pedidos de patentes encontrados a partir da estratégia de busca utilizada foi de 467. Para a análise da evolução temporal foram considerados os 442 registros que compreendem o período de depósitos entre 1992 e 2011. O número de documentos de patente cresceu de maneira linear entre os quinquênios analisados, com destaque para o período 2007-2011, que acumulou 41% do total de documentos recuperados no período, conforme figura 1. Este resultado mostra um constante progresso técnico e de investimentos para desenvolvimento de tecnologias no ramo, bem como a preocupação com sua proteção intelectual a fim de exploração no mercado pelos seus desenvolvedores.

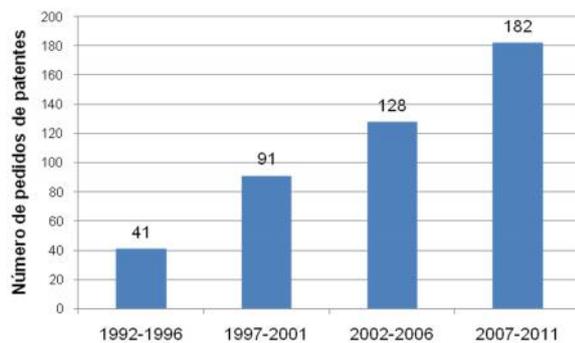


Figura 1: Número total de pedidos de patentes por ano de prioridade (primeiro depósito).

Parte desse resultado também pode ser atribuído às recentes descobertas e produção de óleo e gás em fontes não

convencionais, que impõem novos requisitos técnicos a serem superados na forma de produtos e processos inovadores.

Ao observar os principais desafios tecnológicos para as conexões, a selabilidade figura como vantagem predominante das tecnologias patenteadas, como mostrado na figura 2. Mais de 30% dos pedidos de patentes depositados nos últimos 20 anos possuem relação com novas tecnologias ou melhorias que visam aumentar a confiabilidade do isolamento entre o ambiente interno e externo das colunas.

O segundo tema que figura mais presente são requisitos para trabalhos a alta pressão, que também está relacionado a uma boa selabilidade, e apresenta exigências de propriedades mecânicas superiores, que podem ser atingidas através de melhorias nos processos de fabricação e/ou no desenvolvimento de materiais.

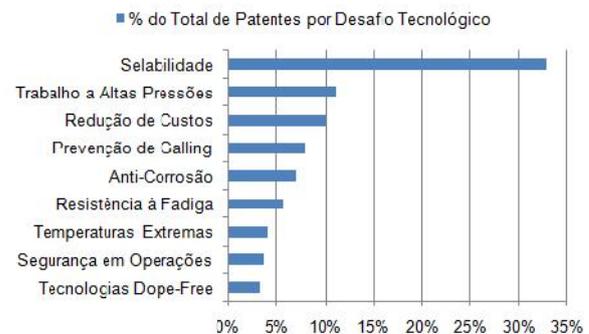


Figura 2: Classificação dos principais desafios tecnológicos em relação ao total de documentos de patentes encontrados entre 1992 e 2013.

A tabela 2 exibe os principais titulares de patentes e suas áreas de atuação predominantes em relação aos desafios tecnológicos identificados.



Tabela 2: Principais titulares de patentes nas classes e período estudados e número de patentes por desafio tecnológico, com evidência os principais esforços de desenvolvimento por empresa.

Depositantes (País sede)	Total de patentes no período	Selabilidade	Trabalho a Altas pressões	Redução de Custos	Prevenção de Galling	Anti-Corrosão
VALLOUREC (França)	93	40	20	1	15	9
SUMITOMO (Japão)	61	22	10	1	13	7
TENARIS (Argentina - México - Itália)	45	14	7	5	4	3
NIPPON STEEL (Japão)	30	10	5	1	9	4
NOV (EUA)	27	4	6	1	1	1
WEATHERFORD (EUA)	24	7	4	1	0	1

Principal Esforço Segundo Esforço

Os seis principais titulares são empresas de referência no setor e fornecedores reconhecidos de produtos e serviços para as grandes indústrias de exploração e produção de petróleo. Nota-se, novamente, a predominância de documentos referentes à melhoria em selabilidade e trabalho a altas pressões como principal foco do desenvolvimento destes titulares. É possível observar também que essas empresas buscam soluções inovadoras para todos os tipos de desafios técnicos, mesmo que representados com menor número de patentes, o que evidencia a flexibilidade como característica de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como a importância desse setor em suas atividades estratégicas.

Em uma análise referente aos países onde são desenvolvidas as tecnologias, nota-se um comportamento semelhante em relação aos países sede das empresas que mais depositaram os pedidos de patentes, como apresentado na primeira coluna da tabela 3.

Os EUA figuram como o principal país de origem das patentes em conexões para tubos utilizados em exploração e produção de óleo e gás, seguido de França, China e Japão. A presença de França e Japão se justifica por serem os países-sede de três das empresas com maior número de pedidos de patentes depositados no setor.

Também por representar um dos principais consumidores de energia

mundial, os EUA recebem grande interesse na disputa de seu mercado, o que atrai um grande número de indústrias a estabelecerem instalações em seu território. Naturalmente, mesmo que um novo produto seja desenvolvido em outro país, pode ser de interesse que seus direitos estejam protegidos no mercado norte-americano. Além disso, dentre as principais empresas do ramo, várias possuem centros de pesquisa e desenvolvimento, principal origem de novas tecnologias, nos EUA, o que facilita ser o primeiro local de depósito do documento de patente. Esses fatos também justificam a posição de destaque do país em número de origem de depósitos, mesmo que suas empresas com maior número de documentos no tema ocupem apenas a quinta e sexta colocações no ranking dos titulares.

A China também apresenta unidades produtivas de vários fabricantes de tubos e conexões para o mercado de produção de hidrocarbonetos. Entretanto, nota-se uma presença ainda tímida na origem de patentes em seu território até o meio da década passada, quando surge um grande número de depósitos de patentes principalmente requisitados por parte de suas empresas estatais. Dessa forma, mesmo com um aparente curto período de tempo em desenvolvimento de tecnologias para o setor, o país já figura como um de seus principais atores, embora tenha explorado menos outros mercados.



Outra visão geográfica diz respeito aos países com maior número de patentes depositadas em seu território, como também apresentado na primeira linha da tabela. Este é um indicador do interesse da proteção das invenções em cada nação, ou seja, da sua intenção na

exploração de mercado consumidor. Como esperado, os maiores países produtores e consumidores mundiais figuram entre os que mais receberam depósitos em seus escritórios de patentes.

Tabela 3: Matriz comparativa entre países de origem e de depósitos das patentes.

	País/Região de Depósito da Patente											
	US (311)	CA (236)	EP (236)	CN (211)	MX (164)	JP (155)	AU (153)	DE (122)	BR (100)	RU (98)	NO (93)	FR (75)
US (150)	138	94	78	36	54	31	64	37	36	15	33	4
FR (67)	60	57	59	56	55	55	27	22	25	27	12	67
CN (53)	5	0	1	53	0	2	0	0	0	2	0	0
JP (39)	26	21	26	22	20	38	14	12	12	10	13	1
GB (33)	25	17	19	8	5	6	16	11	3	2	9	1
RU (30)	4	3	0	2	0	0	0	3	1	25	0	0
DE (23)	10	6	12	4	7	8	4	23	4	3	7	0
EP (11)	8	4	9	5	5	3	3	0	1	3	4	0
SE (11)	9	9	11	6	2	4	11	3	3	5	2	0
IT (9)	7	7	7	7	7	5	4	6	7	3	4	0
CA (7)	5	6	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
AT (7)	2	2	5	2	1	1	2	1	1	0	1	0
NO (6)	3	2	2	1	1	0	1	1	1	0	6	0
AR (4)	3	4	1	3	3	1	0	1	2	0	0	2
AU (3)	2	2	0	2	1	1	3	0	1	0	0	0
BR (2)	1	1	1	1	1	0	1	0	2	0	0	0

O número entre parênteses na primeira coluna indica o total de documentos originados naquele país/região e, na primeira linha, o número de depósitos realizados no escritório de patente nacional/regional.

AR: Argentina; AT: Áustria; AU: Austrália; BR: Brasil; CA: Canadá; CN: China; DE: Alemanha; EP: Escritório Europeu de Patentes; FR: França; GB: Grã-Bretanha; IT: Itália; JP: Japão; MX: México; NO: Noruega; RU: Rússia; SE: Suécia; US: Estados Unidos da América

Através dessa matriz, também é possível comparar a posição dos países nos rankings de desenvolvimento de tecnologias e o interesse na exploração de seu mercado. Como exemplo, em cores azul e verde destacados na tabela, tem-se a França como segundo país em número de origem de depósitos, porém figura apenas na 12ª posição em relação ao número de depósitos em seu próprio escritório. Entretanto, o Brasil figura com apenas duas patentes originadas em seu território, contudo ocupa a 10ª posição entre os países com maior número de pedidos depositados. Dessa maneira, pode-se considerar o Brasil como um grande potencial para a aplicação destas tecnologias.

Por outro lado, dos pedidos de patentes depositados no Brasil, apenas 2% foram originados em seu território. O baixo número de pedidos de seus

residentes o caracteriza como um país importador de tecnologia. Já a França, apesar do menor número de depósitos, apresenta 89% (67 de 75) dos pedidos feitos por residentes, o que evidencia seu caráter de desenvolvedor destaque no setor.

4. CONCLUSÕES

Por meio da análise dos indicadores tecnológicos elaborados a partir de documentos de patentes para conexões em tubos utilizados para exploração e produção de óleo e gás, foi possível observar que o desenvolvimento destas tecnologias possui interesse relativamente recente e em tendência de crescimento, dado os atuais desafios de exploração. O número de pedidos de patentes aumentou mais de quatro vezes em um período de 20 anos, o que também comprova a



preocupação com a proteção intelectual por parte daqueles que propiciam a inovação constante neste tema.

Os maiores titulares são justamente os maiores fabricantes mundiais, o que evidencia, por sua parte, o investimento em pesquisa e desenvolvimento para que os desafios técnicos impostos pela descoberta e exploração de novas fontes, bem como a melhoria da eficiência das operações atuais, sejam vencidos e possibilitem a produção com segurança, qualidade e custo viável. Obviamente, o desejo de reconhecimento no desenvolvimento de tecnologias que superam as dos concorrentes também é motivador para garantir o sucesso comercial em um mercado muito acirrado.

O foco em melhorias na selabilidade das conexões e na possibilidade de seu uso para trabalhos em pressões cada vez maiores indica a tendência dos principais desafios técnicos a serem enfrentados no desenvolvimento de novos poços. Ademais, também são procuradas com bastante esforço soluções para redução de custos e diversas melhorias operacionais para aumento de eficiência na aplicação em serviço.

Em termos geográficos, notou-se os EUA como o país de destaque tanto em desenvolvimento quanto em mercado de interesse dado o número de patentes que são originadas e depositadas em seu território.

A China apresenta evidências de um rápido desenvolvimento recente e já figura entre os principais países em que a tecnologia no setor é desenvolvida. Seu mercado também segue a frente em número de pedidos de depósitos logo após EUA, Japão e países do continente Europeu.

O Brasil figura em uma situação de baixo número de pedidos oriundos a partir de sua indústria e inventores, entretanto, o número de pedidos de depósitos no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) é bastante superior, o que evidencia o interesse na exploração de

seu mercado por parte dos principais desenvolvedores e produtores. Esse cenário abre possibilidade para um maior incentivo à ação da pesquisa e desenvolvimento nacionais neste setor por parte da indústria, academia e dos próprios consumidores, visto a vantagem estratégica da proximidade e conhecimento das características e dos futuros desafios das fontes a serem exploradas e aproveitadas em seu próprio território.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à 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) pelo apoio ao desenvolvimento e divulgação deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMUI, S. **Petróleo e gás natural para executivos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 296p. ISBN 978-85-7193-227-2.

BELSUL. **Shale Gas**: um horizonte de oportunidades. Disponível em: <<http://www.belsul.com.br/novo/noticias.php?n=152>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

BP – British Petroleum. **BP Energy Outlook 2035**. London, United Kingdom, January 2014.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Portal de Periódicos**. Disponível em: <http://www-periodicos-capes-gov-br.ez31.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_phome>. Acesso em: dez. 2014.

CARUSO, L.A.; TIGRE, P.B. **Modelo SENAI de prospecção**: documento



metodológico. Montevideo: Cinterfor/OIT, 2004 77p.

EIA – Energy Information Administration - **International Energy Outlook**. Washington, D.C., United States, 2014
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 .

IEA – International Energy Agency: **World Energy Outlook 2014 – Executive Summary**. OECD/IEA, Paris.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Guia Básico – Patentes**. Disponível em:
<http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes> Acesso em: dez 2014.

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.

MILANEZ, D. H. *et al.* **Assessing an interval of confidence to compile time-dependent patent indicators in nanotechnology**. 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference. **Anais**...Vienna: 2013.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Patent Statistics Manual**. OECD; 2009. Patent Manual.

OMPI - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. **International Patent Classification** Disponível em:

<<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>>. Acesso em: dez 2014.

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.

SCHENK, M. T. ; WEBSTER, J. K. **What every engineer should know about Engineering Information Resources**. Marcel Dekker, 1984. 216 p.

TELLES, P.C.S. **Tubulacoes industriais: materiais, projeto e montagem**. 8 ed. Rio de Janeiro: Livros Tecnicos e Cientificos, 1993. 252 p. ISBN 85-216-1007-6.

THE VANTAGE POINT. **Vantage Point**. Disponível em:
<<http://www.thevantagepoint.com/product/s/vantagepoint.html>>. Acesso em: dez. 2014.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Interciência, 2004.

THOMPSON REUTERS. **Derwent Innovations Index**. Disponível em:
<<http://thomsonreuters.com/derwent-innovations-index/>> Acesso em: dez 2014.