ANÁLISE DE REDES DE CITAÇÕES DE PATENTES DE TECNOLOGIAS DE PERFURAÇÃO.

Eduardo José Pereira da Silva

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação PPTEC do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Cristina Gomes de Souza**

Rio de janeiro
Junho de 2016

ANÁLISE DE REDES DE CITAÇÕES DE PATENTES DE TECNOLOGIAS DE PERFURAÇÃO.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação PPTEC do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Eduardo José Pereira da Silva

Aprovada por :

_____
Presidente, Prof. Cristina Gomes de Souza

_____
Prof. Rafael Garcia Barbastefano

_____
Prof. Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas

_____
Prof. Leonardo Silva de Lima

Rio de janeiro
Junho de 2016

RESUMO

ANÁLISE DE REDES DE CITAÇÕES DE PATENTES DE TECNOLOGIAS DE PERFURAÇÃO.

Eduardo José Pereira da Silva

Orientador: **Cristina Gomes de Souza**

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós graduação PPTEC do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre

Operações de perfuração são essenciais para quase todas as atividades que envolvem o extrativismo mineral. Tais operações são indispensáveis para o setor de Mineração e Extração de Petróleo e Gás. As tecnologias e métodos de perfuração na atualidade variam em termos de simplicidade e de custo, desde ferramentas manuais movidas por meio do esforço humano, até equipamentos sofisticados que desempenham operações extremamente complexas e de alto risco. O objetivo desta dissertação é identificar as instituições e as categorias de instituições mais relevantes no desenvolvimento de tecnologias de perfuração por meio da análise de redes sociais. Para alcançar o objetivo proposto foram construídas e analisadas duas redes com base em pedidos de patente publicados na base Derwent, entre os anos de 2000 e 2014: uma rede de citações de patente e uma rede de depositantes de patente. Os dados foram adquiridos por meio do *software* de busca e análise de patentes Thomson Innovation, de propriedade da empresa Thomson Reuters, sendo que para a coleta de dados usaram-se as classificações internacionais E21B 1/00, E21B 3/00, E21B 4/00 e E21B 6/00, bem como suas subclassificações, todas referentes a tecnologias de perfuração. As instituições estudadas foram divididas em 7 categorias, a partir das quais se identificou a categoria considerada mais importante neste cenário. Os resultados desta pesquisa mostraram que as companhias provedoras de serviço de óleo e gás são as mais importantes nesse campo de desenvolvimento tecnológico, possuindo um papel destacado na geração e difusão dessa tecnologia.

Palavras chave: Perfuração; análise de redes sociais; patentes.

ABSTRACT

ANALYSIS OF PATENT CITATION NETWORK OF DRILLING TECHNOLOGIES

Eduardo José Pereira da Silva

Advisor: **Cristina Gomes de Souza**

Abstract of dissertation submitted to Programa de Pós-graduação PPTEC - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master.

Drilling is, indeed, one of the most important activities already developed by humans. By means of drilling activities, it is possible to obtain elements that have been, for years, the basis of modern society, such as iron, oil and gas, precious metals, gemstones and others. Drilling operations are essential for almost all activities involving mineral extraction. Mainly in the case of oil and gas production and mining, drilling becomes indispensable.The technologies and drilling methods of today vary in terms of simplicity and cost since hand tools, moved by human effort until sophisticated equipments that perform extremely complex and high-risk operations, such as the oil and gas exploration. The aim of this work is by means of an analysis of social networks (ARS), identify the institutions and the categories of institutions that could be considered the most important in the scenario of development of drilling technology since 2000.To achieve the proposed goal, it were built and analyzed two social networks from patent applications published on Derwent basis between 2000 and 2014. The first was a patent citation network, which considered each patent individually as an actor of the network and the citations between the applications as the ties between them. The second network is a network of patent assignee, in which each company were considered a player and the relationship between them occurs when an application of one player cites the application of other.Data were acquired through the patent search and analysis software Thomson Innovation, owned by Thomson Reuters company. For the data collection, it was used the international patent classifications (IPC) E21B 1/00, E21B 3/00, E21B 4 / 00 and E21B 6/00 as well as their sub-classifications, all of them related to drilling technology. The institutions were divided into 7 categories, from which it was identified the category considered most important in this scenario.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Eduardo José Pereira da
Análise de redes de citações de patentes de tecnologias de perfuração / Eduardo José Pereira da Silva.—2016.
109f. : il. (algumas color.) , grafs. , tabs. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2016.
Bibliografia : f. 103-109
Orientadora : Cristina Gomes de Souza

1. Perfuração de poços. 2. Poços de petróleo – Perfuração. 3. Redes sociais - Análise. 4. Patentes. I. Souza, Cristina Gomes de (Orient.). II. Título.

CDD 622.23

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 Origens das redes 62
FIG. 2 Rede de citações de patentes.....86
FIG. 3 Caminho principal.....91
FIG.4 Rede de depositantes de patentes.....93

LISTA DE TABELAS

TAB.1 - Relações excluídas do estudo.....79

TAB.2 - Numero de depósitos de pedido de patente dos 20 maiores depositantes.....84

TAB.3 - 20 maiores depositantes da rede. Citantes e citados.....85

TAB.4 - Documentos de patente com os 20 maiores graus de entrada e seus depositantes.....88

TAB.5 - Documentos de patente com os 20 maiores pesos transversais e seus depositantes.....90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Seções das classificações internacionais de patente.....40

Quadro 2 - Benefícios que podem ser obtidos das informações de patentes.....46

Quadro 3 - Informações de patente no processo de P&D.....47

Quadro 4. Classificações internacionais de patentes de perfuração.....76

Quadro 5 - Quadro resumo da metodologia.....80

Quadro 6 - Quadro resumo das métricas de análise das rede de citações de patente.....82

Quadro7 - Quadro resumo das métricas de análise das rede de depositantes de patentes.....83

Quadro 8 - Documentos que compõe o caminho principal.....92

Quadro 9 - Quadro resumo dos resultados da análise das rede de citações de patente.....98

Quadro 10 - Quadro resumo dos resultados da análise das rede de depositantes de patente.....98

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução das reservas provadas de petróleo 2005-2014.....19

Gráfico 2 - Evolução da produção mundial de petróleo 2005-2014.....20

Gráfico 3 participação de países selecionados no cosumo mundial de petróleo.....21

Gráfico 4 - Percentual da mineração mundial por região.....26

Gráfico 5 - 20 Maiores depositantes de patente.....85

Gráfico 6 - 20 maiores graus de entrada dos documentos de patente da rede de citações de patente.....87

Gráfico 7 - 20 maiores pesos transversais dos documentos de patente da rede de citações de patente.....89

Gráfico 8: Centralidade de Grau da rede de depositantes.....94

Gráfico 9: Proximidade de prestígio da rede de depositantes.....95

Gráfico 10 - Análise Hub.....96

Gráfico 11 - Análise Autoridade.....97

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO 10
1.1. Apresentação do problema 10
1.2. Questão de pesquisa 11
1.3. Objetivos 12
1.4. Metodologia 12
1.5. Delimitação de escopo 13
1.6. Organização do trabalho 13
CAPÍTULO 2: AS INDÚSTRIAS DE ÓLEO E GÁS E DE MINERAÇÃO E A TECNOLOGIA DE PERFURAÇÃO 15
2.1. A indústria do óleo e gás 15
2.1.1 Breve histórico 16
2.1.2 Panorama Global 19
2.1.3 Enfoque tecnológico e organizacional 22
2.2. A indústria da mineração 24
2.2.1 A mineração e a civilização 24
2.2.2 A mineração na atualidade 25
2.3 Tecnologias de perfuração 29
2.3.1 Perfuração por percussão 29
2.3.2 Perfuração rotativa 30
2.3.3 Método "Mud Cap Drilling" (MCD) 32
2.3.4 Perfuração direcional avançada (advanced directional drilling) 34
CAPÍTULO 3: PATENTES E CITAÇÕES 36
3.1. Patentes 36
3.1.1 A classificação internacional de patentes 39
3.1.2 Patentes como fonte de informação tecnológica 41
3.1.3 As estratégias de patentes na indústria do óleo e gás 48
3.2 Citações de patentes 50
CAPÍTULO 4 : ANÁLISE DE REDES SOCIAIS 55
4.1. O Que é análise de redes sociais (ARS) 55
4.2 Redes sociais 57
4.2.1 Atores sociais 58
4.1.2 Relações sociais 59
4.3 Tipologias de redes sociais 60

4.4 Redes sociais acíclicas 66
4.5 Conceitos e métricas na análise de redes sociais 67
4.5.1 Centralidade 67
4.5.2 Análise Hub x Autoridade 69
4.5.3 Prestígio 69
4.5.4 Coesão 71
4.5.5 Peso transversal 71
CAPÍTULO 5: METODOLOGIA 74
5.1. Abordagem metodológica 74
5.2 Aquisição e tratamento dos dados 75
5.3 Análise das redes 80
CAPÍTULO 6: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 84
CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES 100
7.1 Sugestões para trabalhos futuros 101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 103

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do problema

O setor de Mineração e Extração de Petróleo e Gás abrange as atividades de extração de minerais sólidos, metais preciosos, minerais líquidos e gases a partir de depósitos ou massas minerais. Elementos como ferro, carvão, petróleo, gás natural, ou mesmo, pedras e metais preciosos, tais como ouro, prata e diamantes são advindos das profundezas da terra e obtidos por meio de atividades extrativistas.

A Mineração e Extração de Petróleo e Gás constitui um setor básico para a economia de muitos países, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das pessoas, tendo em vista que os minerais são essenciais para a vida moderna. Na Conferência Rio + 10, realizada de 26 de agosto a 4 de setembro de 2002, em Johannnesburgo, as atividades de mineração foram consideradas fundamentais para o desenvolvimento econômico e social de muitos países visando uma sociedade mais equânime. (FARIAS, 2002.).

Tanto na mineração como na extração de petróleo e gás uma atividade pode ser considerada como central, a perfuração. Nas indústrias do óleo e gás, a perfuração é o primeiro passo para a extração de petróleo de um reservatório subterrâneo (SPEIGHT, 2014). Na mineração, atividades de perfuração são usadas tanto em atividades mais simples, como a obtenção de amostras de rocha (ELAW, 2010), quanto em operações complexas, como a de drenagem de gás em minas de carvão (WANG *et al.*, 2011).

Diversas são as instituições que atuam nas áreas de petróleo e gás e mineração e desenvolvem tecnologias de perfuração. Entretanto, para efeito desta dissertação, as instituições foram classificadas em sete categorias, a saber:

- companhias de óleo e gás;
- companhias provedoras de serviço de óleo e gás;
- mineradoras;
- provedoras de serviço de mineração;
- universidades ou instituições de pesquisa;
- companhias de soluções tecnológicas em geral e
- outras.

As quatro primeiras categorias são geralmente dotadas de empresas intensivas em tecnologia e com vultosos gastos em P&D. As universidades e instituições de pesquisa também visam à geração de conhecimento em diversos campos do saber. Companhias de soluções tecnológicas, por sua vez, têm interesse em desenvolver novos produtos, processos ou serviços de modo a se tornarem mais competitivas. Como consequência, muitas dessas empresas e instituições usam a patente como meio de proteção de seus desenvolvimentos tecnológicos.

De modo geral, os principais indicadores para mensurar as atividades inovativas das companhias são: estatísticas de P&D; patentes; balanço de pagamentos tecnológicos; taxa de exportação de produtos de alta tecnologia; medidas diretas da inovação e sua difusão; levantamento da opinião de especialistas; tecnometria; citações de patentes; e artigos científicos (PATEL E PAVIT, 1995).

Vale mencionar que diversos estudos de monitoramento e prospecção tecnológica se baseiam apenas em depósitos de patentes. No entanto, a quantidade de patentes, por si só, não é capaz de sinalizar a importância de uma tecnologia desenvolvida. Um indicador que também deve ser considerado para mensurar a qualidade e a importância de uma patente é o número de citações recebidas. Parte-se do pressuposto que, se uma patente é muito citada por outras patentes, isso significa que ela contribuiu para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Portanto, considerando as patentes e as citações de patentes como indicador de inovação, a presente dissertação identifica que categorias e instituições desempenham papel mais relevante no que se refere ao desenvolvimento de tecnologias de perfuração no setor de mineração e de petróleo e gás.

1.2. Questão de pesquisa

Considerando-se: (i) a relevância do setor de Mineração e Extração de Petróleo e Gás para a economia de muitos países; (ii) a importância da atividade de perfuração no processo de extrativismo; e (iii) a existência de diversas categorias de instituições que atuam no setor e que desenvolvem tecnologias de perfuração, esse estudo apresenta a seguinte questão de pesquisa:

Quais instituições e categorias de instituições podem ser consideradas como as mais relevantes no cenário mundial para o desenvolvimento de tecnologias de perfuração nos setores de mineração e de petróleo e gás?

1.3. Objetivos

Esse estudo tem como objetivo geral identificar que categorias e quais as instituições que têm se destacado no desenvolvimento de tecnologias de perfuração nos setores de mineração e de petróleo e gás, considerando-se depósitos de patentes e citações de patentes como indicador de inovação.

Os objetivos específicos consistem em:

- Identificar as categorias de instituição que possuem maior quantidade de depósitos de patentes de perfuração.
- Identificar as instituições que possuem maior quantidade de depósitos de patentes de perfuração.
- Identificar as categorias de instituição que possuem maior importância no desenvolvimento de tecnologias de perfuração com base em citação de patentes.
- Identificar as instituições que possuem maior importância no desenvolvimento de tecnologias de perfuração com base em citação de patentes

1.4. Metodologia

Trata-se de um estudo exploratório e quantitativo baseado em depósitos de patentes relacionadas à tecnologia de perfuração. A coleta de dados foi executada na base de patentes Derwent, de propriedade da empresa Thomson Reuters, por meio do *software* de busca e análise Thomson Innovation. Trata-se de uma base de dados que reúne informações provenientes dos principais escritórios patentários do mundo. Para restringir a busca apenas ao campo tecnológico de perfuração, foram utilizadas as seguintes classes da Classificação Internacional de Patentes (CIP): E21B 1/00, E21B 3/00, E21B 4/00, E21B 6/00 e seus subgrupos. O levantamento abrangeu os documentos de patentes publicados nos últimos 15 anos, cobrindo o período de 2000 a 2014.

A partir dos dados contidos nos documentos de patentes, foram construídas duas redes visando identificar as categorias e instituições que têm se destacado no desenvolvimento de tecnologias de perfuração: uma rede de depositantes e uma rede de citações de patentes. Para a identificação das categorias e instituições que mais se têm destacado no desenvolvimento de tecnologias de perfuração foram utilizadas as

seguintes métricas de Análise de Redes Sociais (ARS): centralidade de grau; peso transversal, proximidade de prestígio e a análise de hub e autoridade.

Esse estudo foi baseado na premissa de que: (1) a quantidade de depósitos de patentes é um indicador de inovação e de contribuição ao desenvolvimento de um determinado campo tecnológico; e (2) as citações de patentes refletem a importância do conhecimento e da tecnologia desenvolvida, a qual se encontra descrita no documento de patente citado. Assim, quanto mais citações um documento de patente recebe, mais relevante ele é tendo contribuído para a geração e desenvolvimento de novos conhecimentos e aplicações.

Os desenvolvedores das tecnologias de perfuração, identificados a partir da titularidade das patentes depositadas, foram agrupados em sete categorias, a saber: companhias de óleo e gás, companhias provedoras de serviço de óleo e gás, mineradoras, provedoras de serviço de mineração, universidades ou instituições de pesquisa companhias de soluções tecnológicas em geral e outras. Tais categorias foram dispostas desta forma por serem consideradas as principais desenvolvedoras e usuárias de tecnologias de perfuração.

1.5. Delimitação de escopo

O presente estudo se restringiu a identificar os principais atores que tem contribuído para o desenvolvimento de tecnologias de perfuração não sendo escopo da pesquisa:

- Estudar profundamente um determinado *player* isoladamente fora do contexto da rede.
- Considerar características econômico-financeiras de qualquer *player* ou considerar aspectos de inovação fora do âmbito definido neste trabalho.
- Indicar sugestões de mudança de estratégia tecnológica para qualquer *player*.

1.6. Organização do trabalho

Esse trabalho encontra-se organizado em sete capítulos. O Capítulo 1 foi dedicado à apresentação do problema, questão de pesquisa, objetivos, metodologia adotada, delimitação do escopo e organização do trabalho.

O capítulo 2 traz uma breve descrição da indústria de petróleo e gás e de mineração, que constituem os setores que usam de forma mais intensiva as tecnologias de perfuração em suas atividades de produção e extração. Esse capítulo também traz uma explanação sobre tecnologias de perfuração que constituem o foco desse estudo.

Os capítulos 3 e 4 apresentam o referencial teórico que serviu de base para o trabalho. O capítulo 3 aborda as patentes e as citações de patentes, que foram os indicadores utilizados para a identificação dos principais atores do desenvolvimento das tecnologias de perfuração. O capítulo 4, por sua vez, versa sobre Análise de Redes Sociais com a descrição das métricas que foram utilizadas nesse estudo.

O capítulo 5 traz o detalhamento da metodologia utilizada. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 6. O capítulo 7 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2: AS INDÚSTRIAS DE ÓLEO E GÁS E DE MINERAÇÃO E A TECNOLOGIA DE PERFURAÇÃO

As indústrias de petróleo e gás e de mineração utilizam de forma intensiva tecnologias de perfuração em suas atividades de produção e extração. Assim sendo, esse capítulo apresenta um breve panorama dessas indústrias, bem como, uma explanação sobre tecnologias de perfuração.

2.1. A indústria do óleo e gás

A indústria do petróleo e gás atua com uma das mais fascinantes atividades produtivas da história da humanidade. Trata-se de uma indústria envolve fatores, tais como conhecimento empírico e experimental, tecnologia, engenharia, finanças, administração, fatores sociais e outros elementos que são essenciais para o pleno funcionamento de uma empresa de petróleo. Desde a pesquisa para sua descoberta até chegar a uma refinaria, o petróleo passa por um caminho que abrange diversos especialistas como geólogos, engenheiros, geofísicos, químicos e etc.

O petróleo é constituído basicamente de uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos). Considerando condições normais de temperatura e pressão, quando essa mistura contém uma maior porcentagem de moléculas pequenas, seu estado físico é gasoso; quando a mistura contém moléculas maiores, seu estado físico é líquido (THOMAS, 2001).

Desde suas origens a indústria do petróleo e gás tem inegavelmente contribuído para o crescimento econômico mundial, para a geração de riquezas e tem provocado mudanças no padrão de vida da população de diversos países. Apesar das várias crises e do surgimento e crescimento de opções energias renováveis e menos agressivas ao ambiente, o petróleo e seus derivados têm se mantido central na matriz energética mundial.

O petróleo tem uma posição única no sistema econômico global. Sua importância não é comparável a de nenhuma outra commodity devido à sua versatilidade e peso nas dimensões econômica, militar, social e política (SALAMEH, 2004). Os produtos, serviços e processos que derivam do petróleo – tais como transporte, eletricidade, aquecimento, asfaltos, lubrificantes, além de incontáveis

substâncias derivadas de processos petroquímicos – fazem parte do cotidiano de quase todos os seres humanos da atualidade.

2.1.1 Breve histórico

Conforme afirma Thomas (2001), o início e a sustentação do processo de busca com crescente afirmação do petróleo na sociedade moderna datam de 1859, quando foi iniciada a exploração comercial nos Estados Unidos. Isso ocorreu logo após a descoberta de acumulações na Pensilvânia, com um poço de 21 metros de profundidade, perfurado com um sistema de percussão movido à vapor que produzia 2 m^3/dia de óleo. A destilação do então "óleo de pedra" substituía, com vantagens técnicas e econômicas, o querosene proveniente do carvão e do óleo de Caxalote, que eram os produtos usados para fins de iluminação na época. Este fato marcou o começo da era do petróleo no mundo. Mais tarde, uma gigantesca gama de outras finalidades e de outros produtos oriundos do petróleo, com potencial para influenciar a geopolítica mundial, foram descobertos.

No ano de 1960, foi fundada a Standard Oil, pertencente ao grupo Rockefeller. Trinta anos depois, ela se tornou a organização de petróleo mais importante do mundo, controlando 45 empresas do setor e dominando amplamente a indústria petrolífera norte americana. Com o advento do veículo automotor em série o consumo de derivados de petróleo aumentou consideravelmente, o que impulsionou definitivamente a prospecção e a busca por mais poços de petróleo, tanto nos Estados Unidos como no exterior (PELLEGRIN, 2005).

A partir da dissolução da companhia Standard Oil surgiram, dentre outras empresas, as “7 irmãs” (Royal Dutch Shell, Anglo-Persian Oil Company, Esso, ExxonMobil, Texaco, Chevron e Gulf Oil), que dominaram a produção de petróleo em boa parte do mundo na primeira década do século XX, sendo responsáveis inclusive por determinar o preço dessa commodity no mercado mundial. (VIDAL & VASCONCELLOS, 2001 apud PELLEGRIN, 2005).

A partir da década de 60 foi registrada elevada oferta de petróleo no mundo, que, aliada a baixos preços da commodity, resultaram em uma demanda desenfreada, principalmente por países como os Estados Unidos, que passaram a demandar mais do que podiam produzir e acabaram por se tornar inteiramente dependentes do petróleo de outros países.

A década de 70 foi marcada por elevações consideráveis no preço do petróleo, evento tal que culminou em duas crises, também conhecidas como o primeiro e o

segundo choque do petróleo. De modo simplificado, choques do petróleo podem ser entendidos como um considerável aumento no preço internacional por razões econômicas e políticas, capaz de gerar uma recessão global e uma redução significativa no PIB mundial.

A primeira crise, em 1973, causou uma queda do PIB de 4,7% nos Estados Unidos, 2,5% na Europa e 7% no Japão. A segunda crise, em 1979, provocou uma queda no PIB mundial de cerca de 3% em relação ao que era esperado (SALAMEH, 2004). Esta segunda crise ocorreu basicamente em protesto pelo apoio dos Estados Unidos a Israel durante a Guerra do Yom Kippur. Tal protesto se caracterizou com o embargo, por parte dos países árabes que compunham a OPEP, da distribuição de petróleo aos Estados Unidos e alguns países da Europa, o que resultou em um aumento do preço do petróleo em mais de 400%. Na ocasião, os árabes estavam decididos a usar o petróleo como arma contra Israel e Estados Unidos.

Um agravante da segunda crise do petróleo foi o pânico mundial com a situação que haviam vivido há poucos anos. A corrida das companhias petrolíferas para construir estoques de petróleo resultou em uma demanda adicional de 3 milhões de barris/dia acima do consumo real (SALAMEH, 2004).

Diversos outros segmentos sociais foram afetados pelas crises do petróleo na década de 70. A indústria do refino de petróleo e a indústria petroquímica, que têm o petróleo como sua principal matéria prima, tiveram suas margens de receita extremamente reduzidas devido ao aumento no preço da commodity.

Com o passar dos anos, houve outros eventos em escala global que influenciaram tanto o preço, quanto a produção do petróleo. A guerra do Golfo, em 1990, foi um destes eventos. Na ocasião, o ditador Saddam Hussein atacou o Emirado do Kuwait, um dos maiores produtores de petróleo do mundo e fornecedor estratégico dos Estados Unidos que, por sua vez, pressionou a ONU para que autorizasse uma operação militar visando à desocupação do Kuwait. Em 1991, liderando uma força multinacional (composta por ingleses, franceses, italianos e outros países árabes), os Estados Unidos reconquistaram o Emirado (PELLEGRIN, 2005).

Outro momento importante na história do petróleo foi a crise financeira de 2008, também conhecida como "A Grande Recessão", que foi uma crise econômica global que ganhou impulso pela falência do tradicional banco de investimento norte americano Lehman Brothers, fundado em 1850. Em efeito cascata, outras grandes instituições financeiras quebraram, no processo também conhecido como "crise dos subprimes" (BHAR e MALLIARIS, 2011).

A crise de 2008 teve um efeito adverso no preço do petróleo. Ao contrário das crises ocorridas na década de 70, o preço do petróleo apresentou uma queda dramática e em um curto período de tempo. A queda de preços do petróleo em 2008 foi devida à desalavancagem rápida por fundos especulativos, os rápidos fechamentos das posições do petróleo e a erosão da liquidez nos mercados (BHAR e MALLIARIS, 2011).

As empresas de petróleo foram as mais prejudicadas no período. Com todos os setores da economia severamente afetados, as ações das empresas exploradoras de petróleo sofreram desvalorização significativa. A desaceleração da economia americana e mundial provocou uma queda no consumo de petróleo, acentuando ainda mais esta desvalorização.

A partir de dezembro de 2014, o preço internacional do petróleo apresentou um novo colapso, que segue até a presente data, com os preços de referência do Brent atingindo patamares inferiores a U$ 30,00 em alguns dias. A rápida queda no preço da commodity teve início no excesso de oferta em partes gerado pelo desenvolvimento nos Estados Unidos da produção a partir de fontes não convencionais.

Esta queda se acentuou diante da recusa dos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) em reduzir seu teto de produção, independentemente do preço no mercado internacional. Alguns países foram sobremaneira penalizados com a redução dos preços do petróleo, sobretudo Venezuela, Rússia e Irã, em razão da grande importância das exportações da commodity em suas balanças comerciais.

Este fato tem gerado, até a presente data, impactos significativos nos planos de investimento das companhias, desincentivando também, de maneira avassaladora, o desenvolvimento de tecnologias renováveis e mais limpas, o que vai na contramão de todas as tendências da atualidade de redução de emissões e recuperação do meio ambiente. Houve impacto significativo no valor de mercado das empresa de exploração de petróleo no mundo inteiro, sendo que muitos projetos de investimento foram inviabilizados devido às baixas taxas de retorno com o petróleo valendo tão pouco.

Como pode ser visto a partir deste breve histórico, o petróleo é uma das poucas commodities que impacta de maneira decisiva a geopolítica mundial, sendo em alguns casos motivo de disputas internas dentro de alguns países ou mesmo internacionais e determinando o panorama socioeconômico de regiões inteiras.

2.1.2 Panorama Global

Como pode ser visto no gráfico 1, as reservas provadas de petróleo no mundo vêm tendo um aumento considerável desde 2005. Naquele ano, elas atingiram o patamar de cerca de 1 trilhão e 374 bilhões de barris de petróleo, sendo que os países da OPEP detinham reservas com aproximadamente 928 bilhões enquanto que os países não OPEP detinham cerca de 446 bilhões de barris de petróleo em termo de reservas provadas.

O incremento nas reservas provadas de petróleo foi mais efetivo nos países da OPEP que saltaram para um volume de reserva de cerca de 1,216 trilhão de barris, um incremento de cerca de 31% em comparação com 2005 em termos de volume. Já os países não OPEP apresentaram no ano de 2014 um volume de reserva da ordem de 484 bilhões de barris, o que representa um aumento em suas reservas provadas de cerca de 8%.

Em comparação com o ano anterior (2013), as reservas mundiais apresentaram um recuo de cerca de 0,05% passando de 1,701 trilhões de barris para um volume de 1,700 trilhões. Os responsáveis diretos por esta redução foram os países não OPEP, que apresentaram uma redução de 0,52% em suas reservas enquanto que os países da OPEP aumentaram suas reservas em 0,13%.

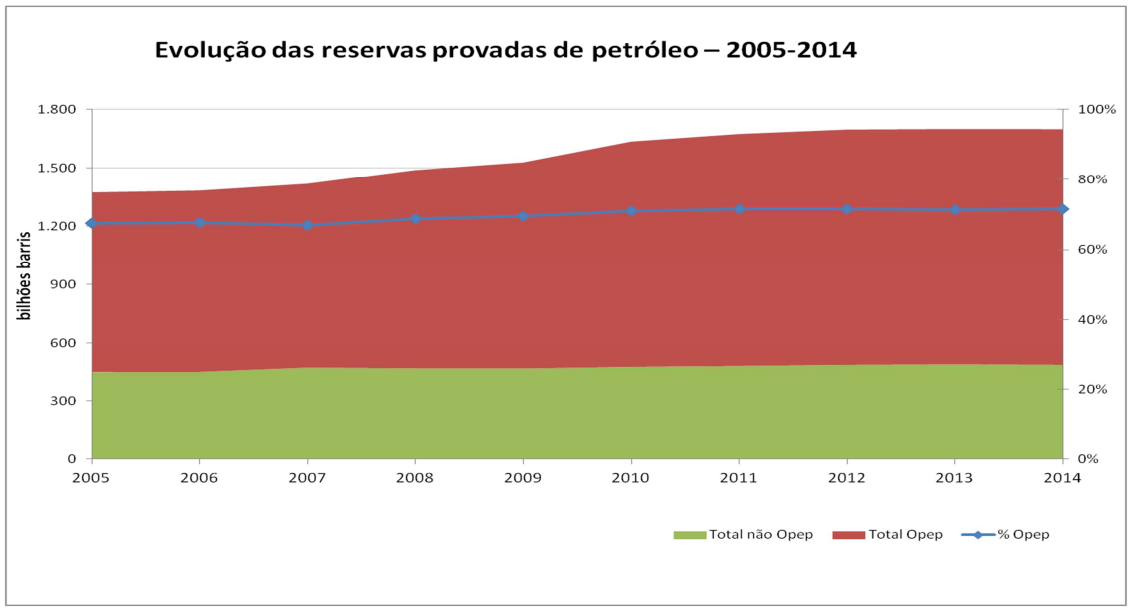


Gráfico 1 - Evolução das reservas provadas de petróleo 2005-2014
Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2015; para o Brasil, ANP/SDP (Tabela 1.1), apresentada no anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2015disponível em www.anp.gov.br - Acessado em 02/02/2016

O gráfico 2 apresenta a evolução da produção de petróleo no período entre os anos de 2005 e 2014. Avaliando-se o gráfico verifica-se uma redução percentual na produção dos países OPEP em relação ao restante da produção mundial. De 2005 até 2012, o percentual da OPEP em relação ao mundo se manteve relativamente estável, variando de 42 a 44% e mantendo uma média de 43%. A partir de 2012 até 2014, verificou-se uma redução no percentual de produção da OPEP, para 41%.

Os países da OPEP foram responsáveis por uma produção da ordem de 36,6 milhões de barris de petróleo por dia enquanto que o restante do mundo produziu cerca de 52 milhões de barris/dia. A região de maior produção do globo continua sendo o Oriente Médio, com cerca de 28,5 milhões de barris /dia, seguido pela América do Norte e Europa/Eurásia, que foram responsáveis respectivamente por 18,7 e 17,2 milhões de barris/dia.

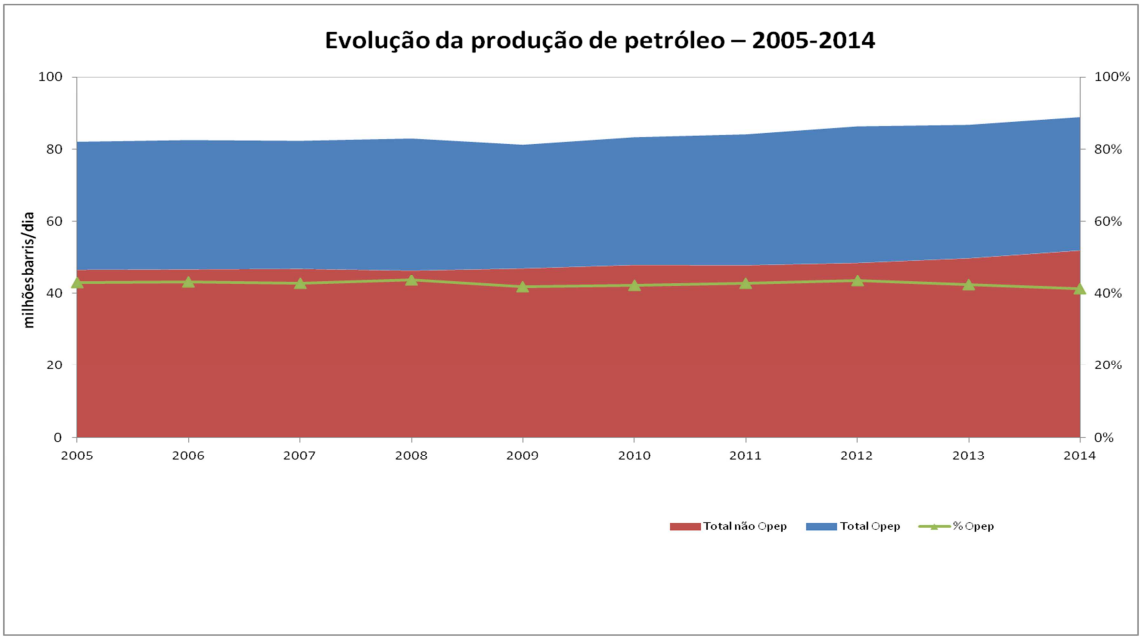


Gráfico 2 - Evolução da produção mundial de petróleo 2005-2014.
Fontes: BP Statistical Review of World Energy 2015; para o Brasil, ANP/SPD (Tabela 1.2), apresentada no anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2015, disponível em www.anp.gov.br, acessado em 02/02/2016.

Embora o Oriente Médio seja a região de maior produção, em nível de país, atualmente os Estados Unidos são o maior produtor de petróleo, dado que, no ano de 2014 ultrapassou a Arábia Saudita, basicamente devido à descoberta e produção de óleo a partir de fontes não convencionais.

Com relação ao consumo de petróleo, o gráfico 2 mostra que no ano de 2014 os Estados Unidos continuam sendo o maior consumidor de petróleo do mundo seguido pela China e em sequência pelo Japão. Em 2014 os Estados Unidos consumiram sozinhos cerca de 19milhões de barris por dia de hidrocarbonetos com um gap entre produção e consumo de aproximadamente 8 milhões de barris por dia.

Estabelecendo-se uma comparação entre os anos de 2005 e 2014, o consumo de petróleo apresentou uma redução de cerca de 7 % na América do Norte e cerca de 10 % na região da Europa e Eurásia, o que pode ser explicado pelo desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e o uso de outras fontes de energia nesta região. Nas demais regiões houve aumento significativo do consumo ao longo dos anos, o que resultou em um aumento global do consumo de petróleo na ordem de 9% entre 2005 e 2014.

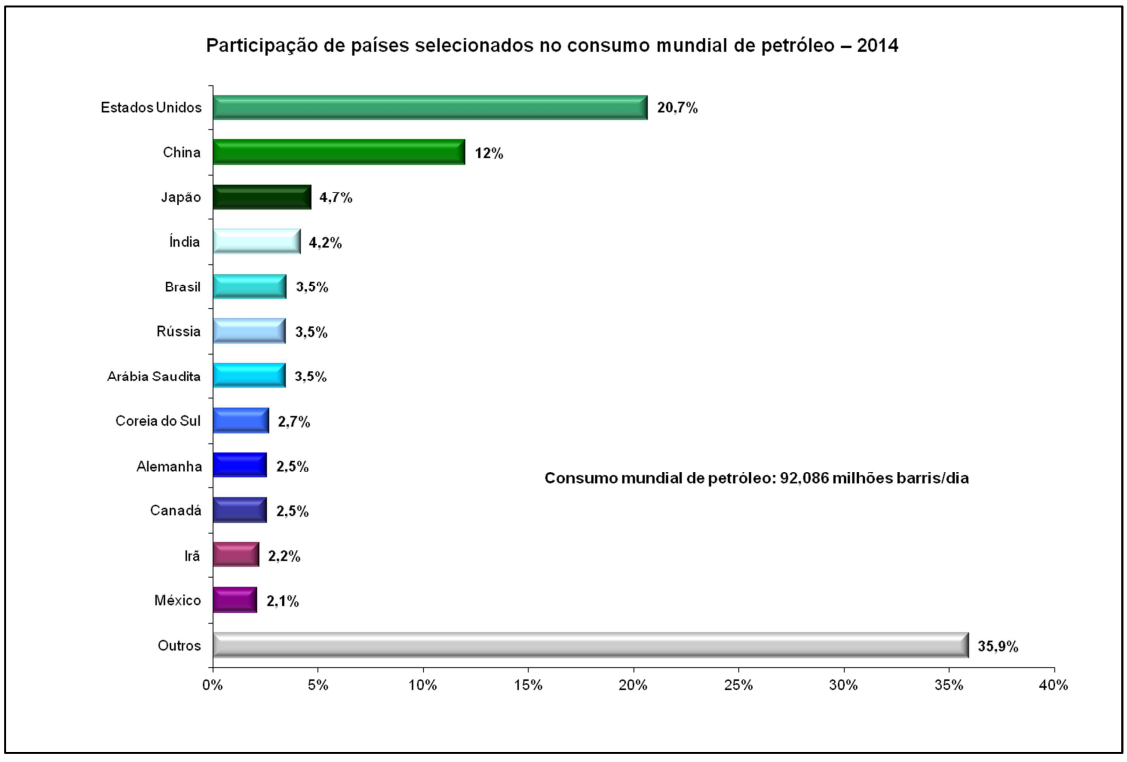


Gráfico 3 participação de países selecionados no cosumo mundial de petróleo
Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2015 (Tabela 1.3) apresentada no anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2015, disponível em www.anp.gov.br, acessado em 02/02/2016.

Os números apresentados levam a conclusão de que a sociedade ainda tem no petróleo a sua principal fonte de energia, sendo que este deve permanecer ainda por muito tempo como chave na matriz energética mundial.

2.1.3 Enfoque tecnológico e organizacional

A indústria de óleo e gás é intensiva em tecnologia e cada vez mais tem a inovação como fundamental artifício para superar os seus desafios característicos. É importante ressaltar que tal indústria é dividida principalmente em dois segmentos: o segmento de exploração e produção (upstream) e o segmento de refino (downstream) (CAVALHEIRO et al, 2014). O segmento de exploração e produção tem enfrentado desafios crescentes relacionados à eficiência de operação, uma vez que o custo de extração de um barril de petróleo tem se tornado mais caro, face às descobertas em locais de difícil acesso, como em águas profundas e ultra-profundas, bem como as flutuações no preço do petróleo, que por vezes reduzem as margens das operadoras.

Embora o petróleo seja considerado uma commodity, as operações de exploração e produção de petróleo e gás são extremamente complexas e intensivas em tecnologia, principalmente em regiões "off-shore". O papel da tecnologia nestes casos é basicamente acessar reservas em locais de difícil acesso e atingir a máxima eficiência operacional na produção. A exemplo do Brasil, as novas descobertas em regiões ultra profundas demandam um esforço de desenvolvimento tecnológico sem precedentes no país, o que envolve não apenas empresas operadoras, mas também provedoras de serviço, fornecedoras de peças e equipamentos e também a academia.

Conforme já dito, um dos fatores internacionais que afeta sobremaneira as atividades de exploração e produção, é o preço internacional do petróleo. Atualmente, os dois principais indicadores do preço do petróleo cru são o Brent Dated e o WTI. O indexador Brent dated refere-se a uma cotação publicada diariamente pela Platt's Crude Oil Marketwire, que reflete o preço de cargas físicas do petróleo Brent embarcadas de 7 (sete) a 17 (dezessete) dias após a data da cotação, no terminal de Sullom Voe, na Grã-Bretanha (ANP, 2015). O WTI é um petróleo com grau API entre 38º e 40º e aproximadamente 0,3% de enxofre, cuja cotação diária no mercado spot reflete o preço dos barris entregues em Cushing, Oklahoma, nos EUA (ANP, 2015).

A disparada ou a queda destes indexadores principais tende a influenciar ações de empresas exploradoras e provedoras de serviço nesta área, uma vez que projetos de exploração e produção e/ou desenvolvimento tecnológico podem ser viabilizados ou inviabilizados de acordo com a flutuação do preço do petróleo.

Conforme ensinam Inkpen &Moffett (2011), as companhias operadoras podem ser subdivididas em 6 categorias a saber:

- **Companhias independentes:** Companhias não integradas, que geram todo o seu resultado por meio de atividades de produção e/ou refino. Algumas vezes o

termo "independentes" é usado de modo mais restritivo, para designar apenas empresas que atuam em um dos segmentos.

- **Companhias integradas (Integrated Oil Companies) IOCs**: Copanhias que atuam geralmente em mais de um segmento, como Exploração & Produção *(upstream)*, transporte, refino e, em alguns casos, petroquímicos. Este termo IOC geralmente é usado para companhias de grande porte.
- **Companhias internacionais (International Oil Companies) IOCs:** Companhias operadoras de óleo e gás que geralmente competem além das fronteiras nacionais de seus países. Geralmente este termo é usado para descrever as maiores companhias de petróleo e gás, que no geral operam globalmente e em parceria com companhias nacionais.
- **Juniors:** Pequenas companhias de óleo e gás que em geral operam localmente e produzem entre 500 e 10.000 barris de óleo equivalente por dia.
- **Companhias Nacionais (National Oil Companies) NOCs:** Companhia de controle estatal de seu país de origem, geralmente construída para explorar, gerir e comercializar os hidrocarbonetos de seu próprio país, sendo que muitas das NOCs como Gazprom, Petrobras e Sinopec são majoritariamente controladas pelo estado mas pertencem parcialmente a investidores privados.
- **Majors e supermajors:** Termos usados para designar as maiores IOCs, que são normalmente não controladas pelo Estado, mas por investidores diversos. Como exemplo deste tipo de operadora é possível citar BP, Chevron, ConocoPhillips, ExxonMobil, Shell e Total.

Do ponto de vista do fornecimento de bens e serviços, a característica dessa indústria de ser fortemente intensiva em capital, deu origem a uma rede de fornecedores multi-setorial, dinâmica, e que movimenta um volume considerável de recursos em todo o mundo (PELLEGRIN, 2005).

As companhias provedoras de serviço, são aquelas que suportam as operações das operadoras. Estas firmas desempenham um papel fundamental nas fases de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás por meio de seus serviços e tecnologias, sendo que, em muitas situações, tais companhias se apresentam como parceiras das operadoras no desenvolvimento e produção de determinado campo. As maiores provedoras de serviço são: Schlumberger; Halliburton; Weatherford e Baker Hughes. (INKPEN &MOFFETT, 2011).

Na indústria do petróleo e gás, as companhias são incentivadas a investir em pesquisa e desenvolvimento basicamente por razões econômicas. As provedoras de

serviço buscam oferecer melhores serviços do que suas rivais e aumentar seu "market share", enquanto que as operadoras desejam obter novos métodos e tecnologias capazes de incrementar a produção de óleo e gás bem como a transformação destes em derivados. Elas também investem no desenvolvimento tecnológico para gerar patentes, que podem posteriormente se tornar produtos comerciais ou serem licenciadas, o que pode ser visto como uma possibilidade que pode trazer retornos financeiros (OLIVEIRA, 2014).

Vultosas somas de recursos são investidas anualmente em pesquisa e desenvolvimento na indústria do óleo e gás, sendo que o patenteamento parece ser o mecanismo de proteção mais óbvio e imediato, por conferir ao seu detentor o direito de excluir terceiros de explorar comercialmente a tecnologia objeto de patente por determinado período de tempo (GALLIÉ & LEGROS, 2012).

2.2. A indústria da mineração

Assim como na indústria do petróleo e do gás, as atividades de mineração ocupam um lugar de destaque na economia mundial, podendo ser consideradas como uma das bases do desenvolvimento humano ao longo dos anos. A produção e o suprimento de produtos oriundos de metais e minerais metálicos tem sustentado as necessidades da humanidade por muito tempo e, muito provavelmente continuará desempenhando este papel (INTERNATIONAL CONCIL ON MINING AND METALS, 2012).

Na sociedade contemporânea, metais e minerais metálicos, são decisivos para praticamente todos os tipos de serviços e infraestrutura necessários à manutenção do estilo de vida que conhecemos. Tais serviços incluem distribuição de alimentos, suprimento de água, tratamento de esgoto e de rejeitos, suprimento de energia para uma ampla gama de usos, como iluminação, aquecimento ou mesmo o resfriamento, transporte, construção, educação, saúde, comunicação, entretenimento e diversos outros produtos e serviços associados.

Praticamente tudo à nossa volta demanda, em níveis variados, o emprego de algum material metálico. As propriedades fisico-químicas destes elementos favorecem o desenvolvimento tecnológico em áreas como eletrônica e computação, construção civil, mecânica, eletricidade e também em áreas como medicina e biologia.

2.2.1 A mineração e a civilização

Conforme ensina Calaes(2009), o desenvolvimento da civilização, desde suas origens, sempre manteve alguma relação com o aproveitamento e uso de recursos naturais. Na idade da pedra, o homem fazia uso de lascas de rochas como armas e ferramentas que eram usadas em atividades como caça e construção de abrigos. Esta fase foi sucedida pela idade do cobre, em que o homem passou a manusear metais nativos como o cobre e o ouro além de ter aprendido a métodos pirometalúrgicos que proporcionaram a recuperação de metais e seus minérios.

A fase seguinte foi a idade do bronze, em que o homem descobre métodos de obtenção de um metal sintético por meio de uma mistura de metais que resultou em uma liga de cobre e estanho, o bronze (CALAES, 2009). Em sequência veio a idade do ferro, onde a civilização experimentou uma notável evolução, tornando mais fácil a produção de armas, ferramentas e estruturas (CALAES, 2009), sendo possível posteriormente a descoberta do aço.

Avanços tecnológicos proporcionaram também a denominada Idade Nuclear, onde o homem passou a deter conhecimentos sobre a fissão nuclear com propósitos energéticos tanto para uso civil quanto militar. A idade dos novos materiais, segundo Calaes (2009), se caracteriza pelos produtos de origem mineral de elevado valor agregado em termo de informação e tecnologia embutida, e menos pelo valor específico da matéria prima (CALAES, 2009). Nesta fase, fica evidente que as características dos metais como a condutibilidade térmica/elétrica, resistividade e outras são mais importantes do que características como resistência mecânica, dureza, tenacidade e outras, próprias das fases anteriores.

Conforme exposto, metais e minérios tem tido um lugar de destaque na história da humanidade, tornando a mineração, uma das atividades mais importantes já desenvolvidas pelo homem.

2.2.2 A mineração na atualidade

A demanda por materiais metálicos tem se expandido praticamente em todas as regiões do globo. Estudos têm demonstrado que a demanda de metais tem relação direta com a renda per capta, pois, quando ocorre o aumento da renda em um determinado país, o consumo de metais se eleva quase que imediatamente. Quando países muito populosos como china e índia entraram em fase de desenvolvimento, o efeito sobre a demanda de metais é dramático (INTERNATIONAL CONCIL ON MINING AND METALS, 2012).

A mineração foi uma das primeiras indústrias a se tornar global, pois a busca por metais ocorre em diversas partes do globo desde a antiguidade. O gráfico 4 apresenta a proporção das atividades de mineração ao por região globo. Por meio do gráfico 4 é possível perceber uma alteração do panorama da exploração mineral.

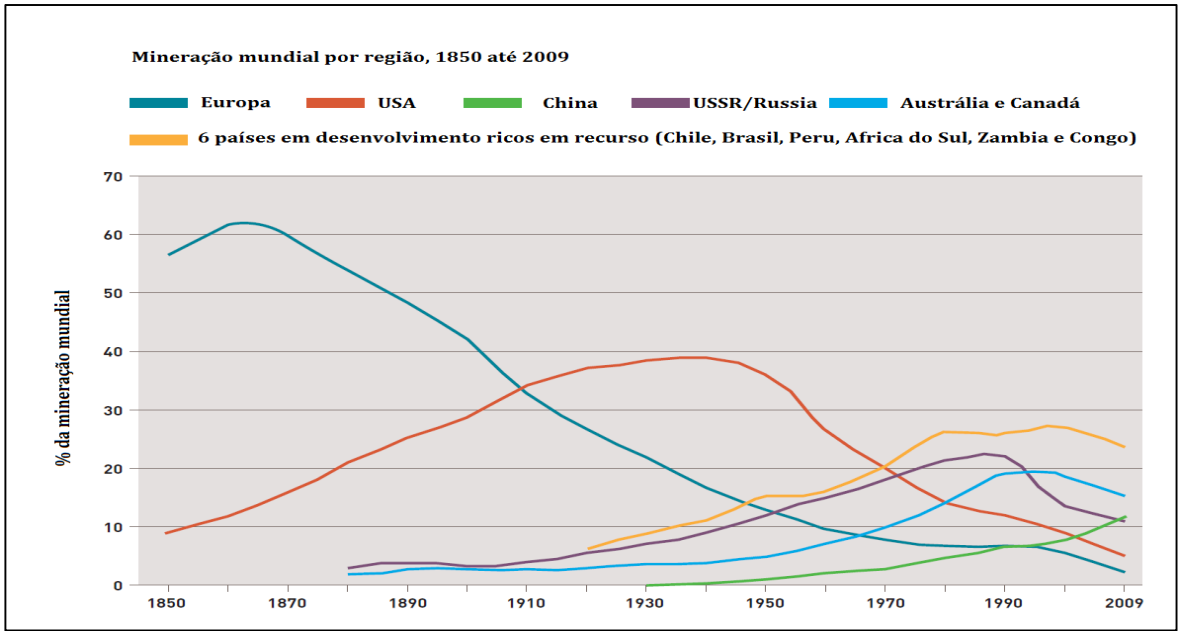


Gráfico 4 - Percentual da mineração mundial por região
Fonte: *Trends in mining and metals industry, 2012*, apresentado pelo International Concil of Mining and Metals, disponível em http://www.icmm.com/trends-in-the-mining-and-metals-industry, 2012. acessado em 02/02/2016.

Como pode ser visto, em meados do século XIX, praticamente toda exploração mineral ocorria na Europa. Com o passar dos anos, os Estados Unidos se tornaram um grande produtor de recursos minerais, atingindo o auge em meados de 1930, ultrapassando a Europa e se tornando o maior produtor do mundo. Por volta de 1970, os países em desenvolvimento como Chile, Brasil, Peru, Africa do Sul, Zambia e Congo, que são ricos em metais, passaram a ser os principais produtores e hoje respondem por aproximadamente 25 % da produção mundial.

Nos anos recentes, grandes investimentos em atividades minerais têm sido feitos na América Latina, na Africa e em partes da Asia. Estes investimentos têm sido incentivados principalmente pela depleção ou esgotamento de depósitos minerais facilmente acessíveis na Europa e nos Estados Unidos, pelos avanços tecnológicos que viabilizam a exploração de depósitos anteriormente inacessíveis em regiões menos desenvolvidas e pelo desenvolvimento do transporte de minérios, principalmente por embarcações com capacidade para cruzar os oceanos, e facilitar o

comércio em massa de minerais como ferro, carvão e bauxita (INTERNATIONAL CONCIL ON MINING AND METALS, 2012).

Conforme ensinam Gamu et al (2015), a indústria mineira pode ser classificada em duas categorias, baseadas principalmente na escala de produção e nas tecnologias e métodos de extração, a mineração industrial e a mineração artesanal, ou mineração de pequena escala. (GAMU ET AL 2015). A mineração industrial geralmente é uma atividade intensiva em capital, exige poucos trabalhadores especializados para as operações de extração, transporte e beneficiamento e objetiva obter minerais com baixo valor por quilo como carvão, ferro, bauxita e outros (GAMU ET AL, 2015).

A exploração artesanal, entretanto, se destina à obtenção de minerais com alto valor agregado, como ouro aluvial, ou seja, depositados em leitos de rios, diamantes e outras pedras preciosas. Este tipo de exploração tem por característica o emprego de baixo capital e pouca tecnologia, sendo bastante intensivo em trabalho braçal e, em alguns casos, individual (GAMU ET AL, 2015).

Para efeito desta dissertação, o interesse se encontra na mineração industrial, uma vez que o levantamento de dados e a aplicação da metodologia para o alcançe do resultado proposto tomou como base exclusivamente pedidos de patente de titularidade de empresas.

A mineração industrial envolve diversas etapas ao longo do seu ciclo de vida, tais como: pesquisa geológica para localização e identificação do minério, estudo de viabilidade, exploração e recuperação da zona afetada (GRUPO VISION, 2016). Projetos de mineração podem entretanto variar de acordo com o tipo de metal ou material a ser extraído, os possíveis impactos ambientais ou mesmo a legislação local.

Um projeto de mineração geralmente é composto por fases distintas e diversas, iniciando-se com a exploração, passando pelas fases de desenvolvimento, ativação da mina, eliminação de resíduos, extração, beneficiamento e findando com a fase de encerramento, que objetiva fechar a mina acompanhar os impactos gerados pela atividade mineradora ao longo dos anos seguintes.

Na fase de **exploração** adquire-se um conjunto de informações como a localização da mina e o valor dos minerais ali presentes. Esta fase pode também envolver a remoção de vegetação em algumas áreas como uma forma de facilitar o acesso de veículos pesados e máquinas perfuratrizes para furos escavações exploratórias (ELAW, 2010)

O **desenvolvimento** da área é a etapa seguinte à comprovação pela exploração de que existe na região um depósitos de minérios e metais com viabilidade comercial e que seja de interesse da companhia mineradora. Esta fase consiste basicamente na construção de rodovias de acesso, preparação e limpeza do local e a instalação das facilidades necessárias (ELAW, 2010).

A **ativação** da mina compreende o início das operações, dado que toda a infraestrutura necessária já se encontra construída e pronta para operar. Em aguns casos, a ativação não representa necessariamente a exploração, pois é necessário a remoção de camadas minerais para se ter acesso aos metais ou minerais de interesse. Esta operação é conhecida como "*open-pit mining*"(ELAW, 2010)

A fase de **eliminação de resíduos** objetiva dar destino a rejeitos com fragmentos de rochas ou mesmo metais tóxicos que se depositam na área onde ocorre a atividade mineradora. Esta fase auxilia na redução ou mitigação de possíveis impactos ambientais característicos da mineração.

A **extração** consiste na retirada do minério do solo e possui diferentes etapas. A escavação pode ser feita a partir de minas subterrâneas ou minas a céu aberto, dependendo da localização e forma do depósito mineral. (GRUPO VISION, 2016)

De modo geral, as operações de extração podem ser assim sequenciadas:

- **Perfuração:** são utilizadas máquinas perfuratrizes para estabelecer furos sobre as rochas;
- **Desmonte:** os furos são preenchidos com explosivos, seguidos da detonação e consequente fragmentação do minério;
- **Remoção:** o minério fragmentado é transportado, através de correias transportadoras de longa distância, carregadeiras ou caminhões fora de estrada, até as instalações de Beneficiamento.

A etapa seguinte à extração é o **beneficiamento**, que é composto por um conjunto de atividades que separam e concentram os minerais para o qual existe interesse. Os processos podem ser físicos ou químicos e seu uso varia de acordo com os fins e a qualidade desejada. Os principais processos são a britagem, a moagem, a deslamagem e a classificação/concentração (GRUPO VISION, 2016)

O **encerramento** de uma mina é a fase na qual a área objeto da atividade mineradora é regenerada e as facilidades de produção são desmobilizadas. O objetivo primordial do encerramento é reestabelecer a área às condições mais próximas possíveis da realidade pré-mineração, isto pode incluir atividades de reflorestamento e acompanhamento por décadas dos impactos (ELAW, 2010)

Dado o exposto, fica evidente que tanto a indústria do petróleo e gás quanto a indústria da mineração fazem uso intensivo de tecnologias de perfuração de rochas ou solos em suas atividades, de modo que este tipo de tecnologia pode ser considerado como um dos pilares do extrativismo mineral. A seguir serão apresentadas algumas considerações sobre tecnologias de perfuração, visando inseri-las e contextualiza-las no âmbito desta dissertação.

2.3 Tecnologias de perfuração

A perfuração ou escavação da superfície ou subsuperfície terrestre em busca de elementos como água ou mesmo alimentos data da pré-história e se mantém até os dias atuais. De fato, as operações de perfuração são essenciais para quase todas as atividades que envolvem o extrativismo mineral. Particularmente para o caso da produção de óleo e gás e da mineração, a perfuração torna-se elemento indispensável, sendo que sua falha pode em alguns casos até mesmo inviabilizar a produção.

Os principais métodos e tecnologias empregados nas atividades de perfuração em geral serão apresentados a seguir. Métodos como a perfuração por percussão, a perfuração rotativa e a perfuração um mista entre os dois tipos últimos tipos de perfuração, referenciado por alguns autores com o termo "*rotary-percussion drilling*" são os mais comuns, sendo que existem outros métodos e outras tecnologias associadas, que têm potencial de executar a atividade com grandes vantagens. Para os objetivos desta dissertação, será dada mais ênfase à perfuração rotativa, uma vez que é o método de perfuração mais comumente empregado em operações mais complexas como a mineração e exploração de óleo e gás.

2.3.1 Perfuração por percussão

A perfuração por percussão, é o método no qual uma ferramenta cortante e com peso considerável é repetidamente elevada e liberada sobre a área a ser escavada, com o objetivo de produzir ou aprofundar um furo (ELSON, 1999) . Este método é considerado por muitos autores como um dos mais antigos métodos ainda em uso contínuo, sendo muitas vezes usado de modo artesanal, para a perfuração de poços artesianos para a obtenção de água, por exemplo, ou mesmo em operações complexas como a ancoragem de uma unidade flutuante por meio de uma estaca torpedo.

As sondas de perfuração que usam esta técnica são também conhecidas como *"cable tool rigs"*. Elas são responsáveis por produzir este movimento alternativo de elevar e liberar a ferramenta de corte em alguns casos por meio do uso de uma roldana fixa ou um motor no alto de sua estrutura na superfície. A ferramenta cortante quebra a rocha sólida em fragmentos menores, ou mesmo libera estes fragmentos quando a perfuração ocorre em formações não consolidadas ou mesmo arenosas.

Para a perfuração pelo método de percussão são necessários quatro elementos básicos:

- **um cabo de perfuração**, que é responsável por elevar e controlar o movimento da ferramenta cortante em sua extremidade;
- **uma tomada giratória**, que conecta a ferramenta ao cabo e permite que este último se desenrole;
- **uma haste de perfuração**, que provê peso e estabilidade à ferramenta de corte e;
- **uma ferramenta de corte**, que penetra a formação a cada golpe resultante do movimento alternativo e promove a quebra ou desmembramento da rocha a ser perfurada.

2.3.2 Perfuração rotativa

A perfuração rotativa, que é a mais conhecida e usada atualmente, é composta por um elemento cortante ou perfurante denominado broca, que é rotacionada quando em contato com a rocha ou o solo que se deseja perfurar ou cortar. O solo ou rocha é cortado pela ação do peso e rotação aplicados à broca, que é geralmente acionada por um motor, que pode estar a adjacente ou distante.

Na perfuração de poços para tanto para a exploração e produção de óleo e gás quanto para a mineração é necessário o uso de um equipamento denominado sonda de perfuração. Neste tipo de perfuração, a broca é ligada à sonda por meio de uma sequencia de tubos interligados denominado coluna de perfuração, que consiste basicamente de comandos e tubos de perfuração ligados uns aos outros por colares de perfuração. (THOMAS, 2001).

Os fragmentos de rocha oriundos da perfuração são constantemente removidos por meio de um fluido de perfuração injetado na coluna e que recircula carregando fragmentos até a superfície pelo espaço anular, que é o espaço gerado entre a coluna de perfuração e as paredes do poço que está sendo perfurado.

Já a perfuração marítima, que é usada basicamente na exploração de óleo e gás, requer procedimentos específicos em comparação com a perfuração terrestre. A perfuração de poços no leito marinho é desempenhada baixando-se a coluna de perfuração desde a sonda até o leito marinho sendo que mais tubos são adicionados à coluna de perfuração quanto mais o furo vai sendo aprofundado (SPEIGHT, 2015).

As sondas de perfuração podem se apresentar em diversos formatos, a depender das características da região e dos poços a serem perfurados, o que inclui, para o caso da perfuração marítima, a profundidade da lâmina d'água, bem como as condições oceanográficas, uma vez que é desejável que a sonda mantenha uma posição constante imediatamente acima do poço a ser perfurado (SPEIGHT, 2015) .

Enquanto que na perfuração em terra *"onshore"* o solo atua como uma plataforma segura para os equipamentos e ferramentas, na atividade marítima, *"offshore",* um dos grandes desafios é que a sonda de perfuração deve também atuar como uma plataforma artificial e que suporte as operações.

Conforme ensina Thomas et all (2001), uma sonda de perfuração é dotada de um conjunto de sistemas, sendo que cada sistema agrupa equipamentos que são responsáveis por determinada função na operação de perfuração. Thomas, J. E, et all (2001) descreve os principais sistemas de uma sonda como sendo: de sustentação de cargas, de geração e transmissão de energia, de movimentação de carga, de rotação, de circulação, de segurança de poço, de monitoração e de subsuperfície.

O **sistema de sustentação de cargas** é geralmente composto pro um mastro ou torre e por uma base ou fundação, sendo que a carga aplicada corresponde geralmente à coluna de perfuração ou outro elemento que está no poço, e tem seu peso sustentado por este sistema.

O **sistema de geração e transmissão de energia** é o que provê a energia necessária para acionar os equipamentos da sonda. Geralmente são usados motores à diesel para gerar energia elétrica, entretanto esta pode em alguns casos ser gerada também por motores à gás ou mesmo ser usada a rede elétrica quando possível.

O **sistema de movimentação de cargas** é o que permite movimentar os elementos como as colunas de perfuração ou mesmo equipamentos que precisam ser movimentados. Este sistema é geralmente composto por guinchos, cabos, polias, blocos de coroamento, ganchos e elevadores.

O **sistema de rotação** é composto por equipamentos que proporcionam a livre rotação da coluna de perfuração. No caso de sondas terrestres de perfuração, a coluna é girada por um equipamento denominado mesa rotativa, localizada na plataforma da sonda, sendo a rotação transmitida para a coluna de perfuração e por

consequência à broca. Alternativamente a esta configuração pode ser usado um motor de fundo, adjacente à broca e que transmite o movimento diretamente a esta.

O **sistema de circulação** são equipamentos e instrumentos que permitem a circulação e o tratamento do fluido de perfuração, que é bombeado através da coluna de perfuração até a broca e retorna carregando detritos e cascalhos oriundos de rochas fraturadas pela broca. Este sistema é geralmente contém bombas de injeção, tanques de tratamento, centrífugas, peneiras vibratórias e outros equipamentos.

O **sistema de segurança de poço**, geralmente é usado em sondas de exploração de óleo e gás, e é composto por equipamentos instalados na cabeça do poço para prevenir acidentes como o *Blowout*, que é o fluxo indesejado e desordenado de petróleo através da coluna de perfuração. Este sistema possibilitam o fechamento e o controle do poço sempre que uma ameaça é identificada.

O **sistema de monitoração** é composto basicamente por instrumentos e equipamentos necessários ao controle das atividades de perfuração, como manômetro, indicador de peso da broca, indicador de torque e outros. este sistema permite obter eficiência nas operações de perfuração pois possibilita obter uma combinação eficiente de todos os parâmetros.

2.3.3 Método "Mud Cap Drilling" (MCD)

A técnica *Mud Cap Drilling*, doravante referenciada pela sigla MCD, é uma técnica usada basicamente em perfurações de poços de petróleo desde a metade do século XX até os dias atuais, principalmente em reservatórios com elevada permeabilidade (REYNA, 1995). O MCD é um método de perfuração não convencional que faz uso de um fluido leve que é inserido no espaço anular gerado entre a coluna de perfuração e a rocha perfurada de modo a exercer uma pressão hidrostática em condições de desequilíbrio em comparação com a pressão advinda da fratura da formação (HAMIZAN et al, 2014) .

Hamizan, et al (2014) postula que a operacionalização deste método resulta em uma pressão líquida positiva na superfície de modo a balancear a pressão oriunda da formação, pois uma vez que a pressão na superfície se eleva para um valor pré determinado o fluido leve é injetado de modo que pressão gerada por esta injeção empurre o hidrocarboneto proveniente da formação de volta para esta (HAMIZAN et al, 2014). Este método evita que ocorra a produção indesejada de petróleo durante a fase de perfuração do poço. O monitoramento da pressão deste fluido injetado na superfície é que indica se o hidrocarboneto retornou à formação.

Ainda segundo Hamizan, et al (2014), simultaneamente a esta pressão no espaço anular, na perfuração MCD é bombeado um fluido denominado fluido de sacrifício pelo interior da coluna de produção enquanto esta desempenha sua atividade. O objetivo principal deste fluido é, além de refrigerar a ferramenta de corte durante a operação, carregar os cascalhos e resíduos de rocha fraturada para o interior da formação, de modo que nenhum rejeito seja carregado para a superfície. Por esta razão, o fluido de sacrifício deve ser um fluido abundantemente disponível na região em que ocorre a perfuração, com baixo custo e que possa ser absorvido pela formação rochosa sem prejudicá-la. Geralmente, em perfurações de poços marítimos é usada a própria a água do mar.

Como pode ser observado, diferentemente do método tradicional rotativo de perfuração, o MCD tem como base a injeção e o controle de pressão de fluido no espaço anular, o que torna necessário o emprego de fluidos com características distintas daqueles comumente usados. Enquanto que na operação de perfuração tradicional é mandatório que o fluido de perfuração apresente características que permita elevar os subprodutos da perfuração, o fluido de sacrifício dom método MCD deve fazer exatamente o oposto, não favorecendo a flutuação dos rejeitos.

Diversas vantagens podem ser associadas à técnica MCD. Kuehn (2014) enumera um conjunto de vantagens para esta técnica tanto de cunho operacional como econômico. Abaixo são transcritas 3 vantagens operacionais e 3 vantagens econômicas apresentadas por Kuehn (2014). Em termos operacionais, o MCD permite:

- Aumentar a taxa de penetração da broca através da redução do diferencial de pressão que ocasionaria em uma maior facilidade de deslocamentos dos cascalhos gerados pela broca;
- Reduzir a taxa de perda de circulação através do balanço da pressão de fundo;
- Ajudar a reduzir o número de revestimentos por permitir estender o comprimento de cada fase.

Em termos econômicos, o MCD permite:

- Evitar o custo excessivo com fluidos;
- Melhorar a eficiência da perfuração, reduzindo o tempo de sonda.
- Reduzir ou eliminar paradas relacionadas principalmente à prisão de coluna e perda de circulação.

Embora não tenham sido descritas por Kuehn (2014), é possível identificar vantagens de cunho ambiental, pois, uma vez que os cascalhos não são mais

carregados até a superfície, não há mais necessidade de tratá-los e descartá-los no ambiente.

2.3.4 Perfuração direcional avançada (advanced directional drilling)

A perfuração direcional, ou perfuração horizontal, é o método no qual se perfuram poços não verticais (SPEIGHT, J. G, 2015). Esta técnica possui diversas vantagens em relação à perfuração tradicional, uma vez que permite alcançar reservatórios de petróleo localizados abaixo de áreas sensíveis, como o lagos, mangues ou mesmo regiões ecologicamente protegidas. A perfuração direcional é usada basicamente quando se deseja atingir uma área que não se encontra exatamente abaixo do local onde se encontra a sonda de perfuração ou onde estará posicionada a unidade de produção.

Este tipo de técnica permite explorar de modo mais eficiente reservatórios de petróleo horizontais. Uma vez que a coluna de produção pode ser disposta ao longo do reservatório e não transversalmente a este, a área de contato pode ser substancialmente aumentada, gerando incremento na produção do óleo.

Outra vantagem associada a esta técnica é a otimização da perfuração pela possibilidade de perfurar mais de um poço a partir da mesma área na superfície, ou seja, produzir ramificações a partir da mesma cabeça de poço. Esta técnica trona possível também produzir uma interligação entre dois poços, tornando mais fácil as operações de intervenção e de abandono.

Diversos tipos de ferramentas e sistemas são usados na perfuração direcional, como instrumentos que ajudam a orientar a posição da broca e também medem o grau de inclinação ou de desvio da coluna de produção. Uma das ferramentas mais utilizadas nesta técnica é um "desviador", referenciado na literatura técnica com o termo em inglês "*whipstock*". Trata-se de uma cunha com formato substancialmente cônico com uma base em forma de cinzel, que tem por objetivo forçar o desvio da broca para a direção desejada além de evitar rotações indesejadas (SPEIGHT, 2015).

Conforme ensina Speight (2015), um dos maiores avanços nesta técnica ocorreu por volta dos anos de 1970, quando o motor de perfuração de fundo de poço acionado hidraulicamente (pelo fluido de perfuração) se tornou comum (SPEIGHT, 2015). Nesta situação, tornou-se desnecessária a rotação da coluna de perfuração, o que trouxe mais segurança e confiabilidade ao processo de perfuração.

Diversos outros avanços foram gerados ao longo do tempo para esta técnica, como a geração de imagem em 3D para orientar a perfuração bem como o desenvolvimento de juntas mais apropriadas à flexão da coluna. Controles avançados e medições mais precisas resultaram em qualidade e velocidade nas operações de perfuração.

A tecnologia de perfuração direcional avançada também tem sido usada nas atividades de mineração, permitindo exploração geológica mais efetiva e com menor custo. Na mineração de carvão, mais especificamente, a perfuração direcional tem várias aplicações, que incluem a drenagem de gás pré e pós operação da mina, a detecção de explorações abandonadas, drenagem de água, identificação de descontinuidades da formação e a detecção tanto do carvão como dos limites inferiores e superiores de sua ocorrência (WANG F. et al, 2011).

Trabalhos como o de Wang F. et al, (2011) apresentam um estudo onde levantam os benefícios e vantagens do uso da técnica da perfuração direcional em minas de carvão da Austrália, principalmente no que tange à questão de segurança e da drenagem de gás na mina. Os autores em questão também apresentam o funcionamento da tecnologia aplicado a este tipo de mina bem como seus avanços nos últimos anos.

Como pode ser visto, as atividades e as tecnologias de perfuração são complexas e demandam o funcionamento de sistemas diversos harmonicamente. Enquanto a broca gira perfurando as rochas e sofrendo o peso da coluna de perfuração, os diversos sistemas devem desempenhar seu papel com confiabilidade, sob pena de comprometer toda a operação.

CAPÍTULO 3: PATENTES E CITAÇÕES

O presente capítulo aborda o tema patentes e citações de patentes, que foram os indicadores utilizados para a identificação dos principais atores do desenvolvimento das tecnologias de perfuração. Em um primeiro momento, as patentes são apresentadas sob a ótica da proteção de tecnologias e, posteriormente, como repositório de informações tecnológicas que podem impulsionar o desenvolvimento científico. Em seguida, são apresentadas as citações de patente, bem como seus atributos e suas particularidades.

3.1. Patentes

O esforço para o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações requer, em muitas situações, vultosos gastos em pesquisa por parte dos desenvolvedores. A disposição de empresas e instituições para a geração de novas tecnologias advém quase sempre da expectativa de obter retornos financeiros com sua exploração, o que caracteriza uma inovação.

À medida que uma invenção refere-se à criação de novos produtos ou processos, a inovação, por sua vez, é a aplicação econômica com sucesso dessas invenções através do uso prático e eficaz de novas técnicas (FERREIRA, 2009). Para garantir a apropriação dos resultados do processo de desenvolvimento de novas tecnologias, as empresas que investem em Pesquisa & Desenvolvimento recorrem geralmente ao patenteamento.

A patente é a maneira mais imediata de proteger uma nova tecnologia. Por meio de uma patente, a sociedade, através do governo, concede às organizações um método de proteção legal temporária, o que permite ao seu detentor o direito de exploração exclusiva da invenção em troca da informação detalhada sobre o conteúdo técnico da matéria que é objeto de proteção legal.

Segundo definição do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), uma patente é

> "um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente". (INPI, 2016)

Para França (2003), O documento de patente é considerado como um contrato legal entre um inventor e o governo, como um recurso para ampliar a descoberta da invenção. O governo outorga ao inventor o direito de fabricação, uso e venda da invenção por um tempo limitado enquanto este revela à sociedade os detalhes de sua tecnologia (FRANÇA, 2003).

Ferreira, (2009) ensina que a posse de uma patente possibilita remunerar a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico, ao mesmo tempo em que gera estímulos nos agentes para que se movam na direção do crescimento econômico e possibilitem, assim, a elevação dos padrões de vida, trazendo a prosperidade para toda uma Nação (FERREIRA, 2009). É possível concluir, portanto, que uma patente acelera o ritmo do desenvolvimento tecnológico por meio de duas vertentes, sendo a primeira pela possibilidade de obter exclusividade por um período considerável de tempo, o que se traduz em incentivo ao desenvolvimento e ao próprio patenteamento, e a segunda pelo fato de que, uma vez que o conhecimento revelado na patente cai em domínio público, este pode servir de base para outros desenvolvedores aperfeiçoarem ou mesmo produzirem novos inventos.

Conforme ensina Araujo (1984), a patente não deve ser vista apenas como proteção legal à propriedade industrial e como incentivo à capacidade criadora e ao espírito inovador no campo da técnica. Sua função, todavia, é muito mais ampla, pois, na realidade, constitui o instrumento através do qual o conhecimento tecnológico deixa de ser segredo para assumir o papel de bem econômico (ARAÚJO, 1984) .

Uma patente tem por característica prover certo nível de tangibilidade a algo que é por natureza intangível, o conhecimento, transformando-o em um bem transacionável, o que confere ao detentor vantagem competitiva e poder de barganha frente aos concorrentes, fornecedores e clientes. Por meio da patente torna-se factível a estruturação de um mercado de conhecimento em que é possível obter maior controle nas transações.

A característica fluida do conhecimento e as dificuldades inerentes ao processo de manutenção de um segredo de negócio, tornam a patente um mecanismo de proteção atrativo, que a cada ano cresce em praticamente todos os escritórios nacionais de patente.

Empresas que detém importantes portfólios de patente, ou mesmo patentes base para uma tecnologia importante de um determinado campo, geralmente ocupam posições privilegiadas em concorrências ou mesmo em negociações com fornecedores e clientes. Embora uma patente concedida garanta ao seu detentor certo grau de monopólio tecnológico, este é um monopólio sobre o novo, ou seja, nada é

subtraído do estado da técnica e entregue a um indivíduo. Desta forma, o monopólio conferido por uma patente representa um benefício estratégico que, quando bem administrado, resulta em verdadeira vantagem competitiva. A possibilidade de obter vantagens frente aos concorrentes ou mesmo auferir recursos financeiros com a comercialização ou licenciamento dos direitos garantidos pela patente também se traduz em incentivo ao desenvolvimento tecnológico e ao patenteamento.

Araujo (1984) ensina que uma patente possui três funções básicas, do ponto de vista técnico, no plano legal e sob o ângulo econômico. Araujo postula que:

> "— do ponto de vista técnico, pela descrição precisa e detalhada que faz de uma novidade, pode, ao mesmo tempo em que permite sua difusão através da publicação do pedido/patente, fixar de forma minuciosa o estado dessa técnica em um dado momento;
> — no plano legal, protege o inventor da exploração abusiva da novidade, conferindo-lhe um direito de propriedade exclusivo, mais ou menos extenso, segundo a área de proteção requerida;
> — sob o ângulo econômico, permite ao inventor rentabilizar sua descoberta, explorando-a diretamente ou, na impossibilidade, fazê-lo de forma indireta, através de licenciamento".

Ainda segundo Araujo (1984), a maneira tradicional como a patente é vista, exclusivamente sob seu aspecto legal de proteção à invenção, vem sendo mudada, ou seja, a visão dinâmica concebe a patente integrada em uma política industrial e comercial agressiva, da qual ela é um dos principais pontos de apoio e no qual está incumbida de garantir a melhor rentabilidade possível à inovação (ARAUJO, 1984).

O direito conferido por uma patente ao seu titular não está diretamente relacionado ao seu uso ou sua comercialização, mas sim à possibilidade de excluir terceiros de executarem estes mesmos atos. A patente permite ao detentor o direito exclusivo de controlar a fabricação, a comercialização, o uso ou a importação da tecnologia protegida, o que garante certo nível de reserva de mercado por meio de uma barreira legal à entrada de eventuais novos concorrentes, possibilitando a incorporação de uma "margem de monopólio" em seus preços (FERREIRA, 2009).

Em comparação com um segredo industrial, a patente é dotada de vantagens e desvantagens. Uma patente resulta em uma barreira à imitação no que se refere à esfera legal, incorrendo em um risco ao imitador que decide, à revelia do titular da patente, executar atos com a matéria objeto de proteção. Uma patente pode também ser usada como garantia em uma negociação, ou mesmo comercializada de maneira mais efetiva, como um bem físico, em que após a transferência, o antigo detentor deixa de ter a titularidade.

Entretanto, conforme ensina Barney (2002) apud Ferreira (2009), embora a patente aumente o poder competitivo das empresas titulares, proporcionando-lhes

vantagens em termos de lucratividade, ela também pode encurtar o prazo de duração do privilégio, conquistado abreviando a vantagem competitiva. Por meio de uma patente também a informação se torna pública, o que favorece o aparecimento de tecnologias substitutas.

Os segredos industriais, em contrapartida, não têm custo de depósito ou de manutenção e podem proteger praticamente todo tipo de criação, não se sujeitando às especificações técnicas e legais de patenteabilidade. O fato de não ser necessário tornar a tecnologia pública, também é outra vantagem do segredo de negócio. Tal fato garante que uma invenção possa permanecer exclusiva indefinidamente.

Entretanto, o segredo de negócio apresenta riscos de descoberta ou mesmo de outra organização ou pesquisador chegar ao mesmo resultado por caminhos legais, o que destruiria a vantagem competitiva do detentor original. Este risco é tão relevante, que muitas organizações priorizam a patente em detrimento do segredo de negócio. A proteção por segredo de negócio também exige a elaboração de acordos de sigilo, que geralmente valem durante determinado período, o que pode ser considerado um prazo de validade do segredo em alguns casos.

3.1.1 A classificação internacional de patentes

Segundo definição da OMPI (Organização Mundial de Propriedade Intelectual), também referenciada pela sigla em inglês WIPO (*World Intellectual Property Organization*), a classificação internacional de patentes é um meio para obter uma classificação internacionalmente uniformizada de documentos de patente, tendo como seu propósito primordial o estabelecimento de uma ferramenta de busca efetiva para recuperar documentos de patente pelos escritórios de propriedade intelectual e outros usuários de modo a auxiliar no estabelecimento da novidade e/ou atividade inventiva, ou não obviedade, de publicações de documentos de patente. (OMPI, 2015)

A classificação internacional de patentes é originária do acordo de Estrasburgo, de 1971, que entrou em vigor em 7 de Outubro de 1975, e estabelecia uma classificação comum para as patentes de invenção, incluindo pedidos de patente publicados, certificados da adição e modelos de utilidade.

Esta Classificação Internacional é uma ferramenta de extrema importância para todos aqueles que lidam com propriedade industrial, mais especificamente patentes, pois permite de maneira fácil acessar a informação desejada com mais facilidade, evitando documentos sem relação com a matéria de interesse, uma vez que é utilizada internacionalmente para indexação de documentos de patente.

As classificações possuem 4 níveis de divisão que são as **seções** (1º nível), as **classes** (2º Nível), as **subclasses** (3º Nível) e os **grupos** (4º nível), que por sua vez podem ser divididos em subgrupos ou grupos principais. Na tabela x abaixo, são apresentadas as 8 as seções em que se divide a classificação internacional.

Seção	Denominação
A	Necessidades Humanas
B	Operações de Processamento; Transporte
C	Química e Metalurgia
D	Têxteis e Papel
E	Construções Fixas
F	Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosivos
G	Física
H	Eletricidade

Quadro 1 - Seções das classificações internacionais de patente

Como pode ser visto no quadro 1, cada seção é representada por uma letra em caixa alta. As classes, que se referem ao segundo nível da classificação, consistem do símbolo representativo da seção seguido por um número de 2 dígitos, por exemplo E21. Cada classe compreende uma ou mais subclasses que é o terceiro nível da classificação e é composto pelo símbolo da classe seguido por uma letra em caixa alta, como por exemplo E21B.

Cada subclasse é dividida em grupos, que são representados pelo símbolo da classe seguido por dois números separados por uma barra, por exemplo E21B 3/00, vale ressaltar que cada grupo pode ser classificado em grupo principal ou subgrupo, sendo que o grupo principal consiste de um número de até 3 algarismos seguido por uma barra e dois algarismos 0(zero), conforme exemplo acima. Os subgrupos, por sua vez, são subdivisões do grupo principal e representam o nível mais baixo da hierarquia. Cada subgrupo é formado pelo símbolo da subclasse seguido por um número de até 3 algarismos referentes ao grupo principal, uma barra e um número de pelo menos 2 dígitos que não seja 00. Como exemplo se pode citar E21B 3/05.

Quanto mais próximas as classificações de dois documentos de patente, ou seja, quanto mais níveis estes dois documentos apresentarem em comum, mais similares estes documentos serão, principalmente em termos de campo tecnológico. Disto podemos inferir que documentos de patente que são aperfeiçoamentos ou novos desenvolvimentos de uma certa tecnologia tendem a ter classificações internacionais

próximas, quando não idênticas. Desta maneira, estima-se que em uma rede de citações de patentes de uma determinada tecnologia, uma componente da rede tende a ter documentos com classificações parecidas.

A presente pesquisa fará uso de documentos de patente que apresentam a subclasse E21B, com uma variação de 4 grupos principais e seus respectivos subgrupos.

3.1.2 Patentes como fonte de informação tecnológica

A informação é um insumo base no processo de desenvolvimento tecnológico, uma vez que, de acordo com GARCIA (2006):

> "uma informação pode constituir-se em fonte e ser utilizada na produção de novo conhecimento, inserida em um contexto informacional, formando a partir de outras informações, tais como memórias individuais e coletivas, resultantes de conhecimentos anteriores e atuais. Essas possibilidades formam conjuntos com competências para gerar conhecimentos. Condição para que a afirmativa seja verdadeira é que a informação esteja disponibilizada em ambiente propício que permita ser ela percebida"(GARCIA, 2006).

Fica evidente que uma informação, quando disponibilizada com todos os seus atributos de qualidade em níveis razoáveis, tem plenas condições de contribuir para o desenvolvimento de novos conhecimentos, seja por meio de combinações com outras informações ou mesmo servindo como insights e/ou pontos de partidas para pesquisadores e desenvolvedores.

Os ditos atributos de qualidade são pesquisados e descritos por diversos autores. A pesquisa de Paim, Nehmy e Guimarães (1996) apud Oleto (2006), apresenta como principais atributos a abrangência, acessibilidade, atualidade, confiabilidade, objetividade, precisão, validade e completeza.

A abrangência de uma informação está relacionada ao foco que essa informação proporciona, ou seja, a quem esta atinge. Uma informação bancária, por exemplo, é um tipo de informação de abrangência restrita, uma vez que se destina única e exclusivamente a um usuário. A acessibilidade tem relação com a facilidade ou dificuldade com que uma informação pode ser acessada por seu usuário, enquanto que a atualidade se refere à contemporaneidade da informação.

A confiabilidade tem relação com a credibilidade do conteúdo e da fonte da informação e a objetividade relaciona-se à simplicidade da informação e o quanto a mesma é direta. A precisão se relaciona com a exatidão ou ausência de erros de uma

informação enquanto que a validade pressupõe a integridade da fonte e o registro fiel ao fato.

Por fim, a completeza de uma informação relaciona-se ao conteúdo, que permite construir um conhecimento consistente e embasado.

França (1997) postula que o documento de patente é a mais importante fonte primária de informação, pois permite o conhecimento de novas tecnologias e de inovações basilares para a indústria, de forma mais rápida e a partir da descrição original do invento. Além disso, como as patentes têm restrição territorial, ou seja, são válidas apenas nos países que a concederam, cerca de 95% daquelas em vigor nos países industrializados são de domínio público nos demais países, podendo ser livremente usadas. Entretanto, raramente a patente é levada em consideração, quer pelo usuário da tecnologia ou engenheiro, quer pelo profissional da informação, no momento da recuperação de informações técnicas (FRANÇA 1997).

Han e Park (2006) apud Rodrigues e Tomael (2008) destacam que as patentes são também consideradas ferramentas estratégicas para a geração e análise de indicadores significantes da dinâmica e do nível de desenvolvimento de P&D em organizações, áreas tecnológicas ou nações. Pesquisas como a Pintec, que tem por objetivo a construção de indicadores setoriais nacionais e regionais, das atividades de inovação das empresas brasileiras (IBGE,2015), usam estatísticas de patentes para compor seus indicadores.

Avaliando -se as informações de patentes acerca dos atributos de qualidade da informação, podemos depreender que:

- Quanto à **abrangência**: a informação de uma patente abrange todos os interessados, uma vez que, após ser publicada, fica disponível no escritório do país de depósito e, na maioria das vezes, em bases de dados de alcance mundial.
- Quanto à **acessibilidade:** a informação de patente, geralmente é acessível aos interessados, uma vez que trata-se de informação pública. Conforme já dito, a maioria pode ser recuperada por meio de bases de dados de fácil acesso, sejam elas gratuita ou pagas.
- Quanto à **atualidade**: as informações mais atuais a respeito de tecnologias estão em documentos de patente, sendo que grande parte do conteúdo tecnológico no mundo está descrito exclusivamente nesses documentos. Desta forma, conclui-se que as patentes tem a informação mais atual em termos de tecnologia.

- Quanto à **confiabilidade**: Embora não haja obrigação de comprovar a eficácia da invenção quando do patenteamento, as informações presentes em um pedido de patente tem certo grau de confiabilidade. Uma vez que a matéria para ser protegida deve estar corretamente descrita e reivindicada. Seria um alto risco para o detentor do direito prover informações não confiáveis.
- Quanto à **objetividade:** Um documento de patente geralmente tem campos identificados por títulos. Cada campo se destina a um tipo de informação. O campo destinado à descrição da invenção contém textos tabelas e gráficos (informação técnica) com o objetivo exclusivo de descrever a invenção. O campo de reivindicações, por exemplo traz a informação que está legalmente protegida. Por isso considera-se o documento de patente como dotados de considerável objetividade.
- Quanto à **precisão:** Um dos requisitos à patenteamento é a suficiência descritiva, ou seja, um documento de patente deve conter informações suficientes para que um técnico no assunto possa reproduzi-la. Desta maneira, a descrição se faz precisa quanto à forma e conteúdo da invenção, embora aspectos dimensionais geralmente não esteja presentes.
- Quanto à **validade:** Da mesma maneira que no atributo da precisão, a suficiência descritiva de uma patente é que garante sua validade, uma vez que a mesma pode ser negada caso não seja possível sua reprodução por um técnico no assunto. Por esta razão, uma patente é um documento dotados de informações válidas .
- Quanto à **completeza:** Um documento de patente também é um documento completo, uma vez que deve ser suficiente para a reprodução da invenção, retornando ao caso da suficiência descritiva.

Conforme demonstrado, documentos de patente são fontes de informação dotadas de muita qualidade, uma vez que possuem elevado grau em todos os atributos. Mais especificamente, um documento que já sofreu exame e foi concedido, tem maior valor informacional, dado que já passou pelo crivo de examinadores que são, na maioria das vezes, experimentados na matéria da patente.

A partir de um (ou um conjunto) de documento de patente se pode extrair informações que norteiam estratégias tecnológicas tanto em empresas como no setor público. Araujo (1984), destaca como os principais usos para informações de patente os seguintes:

- **Identificação de tecnologias emergentes**: documentos de patente são bons indicadores de atividades industriais vindouras, o que revela tendências

tecnológicas e desenvolvimentos específicos antes desses chegarem ao mercado.

- **Identificação de tecnologias alternativas**: por meio de documentos de patente é possível identificar alternativas tecnológicas em situações de negociação de tecnologia ou mesmo quando dada tecnologia se mostra falha em seu propósito.
- **Identificação dos atores da tecnologia:** Neste caso se entende por ator tanto o inventor como o titular da tecnologia patenteada. A patente proporciona tal identificação de modo simples e direto, uma vez que os campos na qual esta informação está contida são padronizados.
- **Ordenação dos fluxos tecnológicos com o exterior:** Araujo, (1984) diz que as patentes estrangeiras solicitadas no país podem indicar em que área o capital externo pretende atuar. Desta forma, informações como essas podem servir de alerta para setores do governo ou da sociedade que, por ventura, necessitem tomar ações preventivas que podem ser de incentivo ou mesmo impeditivas.
- **A atualização técnica do pessoal envolvido com atividades de Pesquisa e Desenvolvimento:** Como geralmente as patentes costumam a conter a informação mais recente a respeito de uma dada tecnologia, pesquisadores e desenvolvedores que usam patentes como fonte de informação têm potencial para conhecerem o limite da técnica em seu campo quando de suas pesquisas.

Além dos atributos de qualidade da informação, o layout de um pedido de patente proporciona que a informação nele contida seja disposta de maneira organizada e classificada. Isto não apenas possibilita sua recuperação de forma mais eficiente, mas também garante uniformidade em informações sobre tecnologias muitas vezes provenientes de diversas línguas e culturas.

Pereira, (2004) lista vantagens e equívocos relacionados às informações de patentes. Segundo o autor, as informações apresentam como vantagens:

- ser fácil de obter e coletar;
- classificação de tecnologia unificada(IPC);
- conteúdo e formatos de descrição unificados (Código INID);
- ampla área de tecnologia
- tecnologia concreta e realizável.

Como equívocos atribuídos às patentes, Pereira(2004) lista os seguintes:

- nem todas as patentes publicadas são concedidas;

- ainda que as patentes tenham sido concedidas, estas podem ser anuladas;
- as reivindicações podem ser diferentes a depender do país.

O quadro2, é apresentado por Pereira (2004) e contém os três tipos de informação que se pode extrair de uma patente, bem como, os usos que podem ser dados a esta informação.

Adicionalmente, as informações estratégicas também podem ser originárias de documentos de patente, como o posicionamento tecnológico de parceiros ou concorrentes, domínio da tecnologia por algum player, o que facilita a procura por parceria, ou mesmo a identificação de clusters de desenvolvedores em determinadas áreas tecnológicas.

Pereira (2004) apresenta ainda outro quadro, no qual relaciona os passos de um processo de pesquisa e desenvolvimento estruturado às informações de patente, estabelecendo, para cada caso, o que se faz, bem como o que se pode fazer com relação às patentes.

	O que podemos conseguir ?	O que podemos fazer com isso ?	Onde conseguimos ?
Informação tecnológica	- Tendência de desenvolvimento tecnológico; - Tecnologia principal; - Patente básica; - Relação da tecnologia; - Estado de distribuição da tecnologia;	- Seleção do tema de pesquisa; - Decidir o direcionamento de -P&D; - Prever novos produtos;	- Relatório descritivo; - Resumos; - Classificação;
Informação administrativa	- Tendência da tecnologia do negócio; - Tendência do desenvolvimento do produto; - Tendência do gerenciamento da pesquisa; - Status do market share. - Relacionamento da companhia; - Estimar tamanho do mercado; - Status da atividade da Agência.	- Benchmarking do gerenciamento do P&D; - Estabelecer a estratégia de P&D; - Estabelecer a estratégia de gerenciamento de patentes; - Estratégia de negócios de tecnologia; - Tratamento dos recursos humanos;	- Depositante; - Inventor; - Período dos direitos da patente; - Família de patentes; - Patentes citadas;
Informações legais	- Reivindicações das patentes; - Depósito da patente; - Possibilidade e contrafação; - Estado Legal; - Licenciamento, compra e venda.	- Decidir se a patente se aplica ou não; - Avaliação da reivindicação;	- Reivindicações; - Coteúdo tecnológico da patente; - Processo de exame.

Quadro 2 - Benefícios que podem ser obtidos das informações de patentes (Pereira et al., 2004).

Passo no P&D	- O que se faz	O que se pode fazer com relação às patentes
Estabelecer assunto	- Analisar o estado da técnica e informações de mercado	- Realizar o mapeamento de patentes em relação à tecnologia relevante
Planejamento	- Concretizar o conteúdo do assunto e estabelecer as metas de P&D	- Verificar as patentes dos concorrentes e tomar medidas para enfrentar possíveis problemas - Estabelecer estratégia de patentes
Pesquisa & desenvolvimento	- Resolver problemas tecnológicos para fabricar produtos - Decidir métodos de fabricação	- Pedido de patente de acordo com a estratégia de patentes - Enfrentar patentes dos competidores que causam problemas (nulidade, compra, licença)
Protótipos	- Iniciar a fabricação do produtos de acordo com os métodos de fabricação - Verificar a possibilidade de sucesso do negócio	- Depositar patente para a tecnologia relevante (fabricação, experimentação, uso, aplicação) - Complementar o conteúdo da patente (reivindicações)
Avaliação	- Verificar a qualidade do produto	- Avaliar e complementar as reivindicações da patente - Reavaliar a estratégia de patentes
Produção e vendas	- Produção, vendas e marketing	- Confirmar direitos das patentes e descartar patentes desnecessárias - Monitoramento contínuo para as patentes dos competidores - Cuidados com a contrafação da patente e venda de tecnologia.

Quadro 3 - Informações de patente no processo de P&D (Pereira et al., 2004).

Em vista do acima exposto, se pode concluir que uma patente não é só um instrumento de proteção de tecnologias, mas também uma ferramenta pela qual a informação tecnológica é revelada, sendo possível a sua análise na forma de redes, por meio das quais o conhecimento flui e evolui.

3.1.3 As estratégias de patentes na indústria do óleo e gás

A lógica por de traz de um sistema de patentes postula que empresas assumem certo risco ao investir em atividades de pesquisa e desenvolvimento com vistas a gerar novas e inovadoras tecnologias e produtos (BELL M, PAVITT K, 1993), especialmente as companhias de óleo e gás, que estão constantemente buscando empurrar as fronteiras do estado da técnica[1] devido à complexidade e, por vezes, o ineditismo de suas operações. Estas empresas podem proteger suas tecnologias por meio de uma patente (BESSEN 2007), que, neste cenário, torna-se um importante dispositivo para que seja possível obter retorno dos investimentos em P&D.

Um portfólio de patentes bem estruturado e forte ajuda a companhia a desenvolver uma estratégia efetiva de P&D bem como a ter acesso a tecnologias de interesse que sejam de titularidade de terceiros, por meio, por exemplo, de uma licença cruzada[2], o que por sua vez fomenta a parceria entre atores que seriam por natureza competidores e incentiva a formação de redes de colaboração.

A quantidade de patentes depositadas pelas maiores companhias de energia vem crescendo ao longo das décadas, mais rapidamente nos anos 2000, e recentemente pela influência das empresas chinesas, que, sozinhas, depositaram mais patentes que a soma das demais nos últimos anos. Isso evidencia o crescimento da importância da inovação para competitividade das empresas no mundo e a entrada das companhias chinesas no mercado global de petróleo e gás (PINHO et al, 2014).

Países como a China e a Índia têm experimentado um expressivo aumento no número de pedidos de patente depositados nos últimos anos, o que está fortemente relacionado com o aumento de performance destes países em termos de inovação (CAVALHEIRO et al, 2014). Por esta razão, depreende-se que informações de bases de dados de patente têm se afirmado cada vez mais como um importante meio para entender a trajetória tecnológica de determinados países e até mesmo a rota de desenvolvimento de uma determinada tecnologia.

As estratégias e os portfólios de patente de empresas de petróleo e gás têm inspirado diversos trabalhos e análises por parte da comunidade científica. Cavalheiro et al. (2014) apresentam um estudo a respeito de como o anúncio da descoberta dos

[1] Segundo a Lei 9276/96, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial no Brasil, o estado da técnica é constituído por tudo aquilo tornado acessível ao público antes da data de depósito do pedido de patente, por descrição escrita ou oral, por uso ou qualquer outro meio, no Brasil ou no exterior.

[2] De acordo com Cameron (2003), licença cruzada é uma modalidade de acordo em que provê a uma das partes direitos não exclusivos sobre a tecnologia da outra parte sem que haja cobrança de valores monetários (CAMERON 2003). Este tipo de acordo ocorre geralmente quando um detém uma tecnologia de interesse do outro e vice versa.

campos gigantes de petróleo na camada pré-sal pelo governo brasileiro impactou o número de depósitos de patente relacionados a atividades de exploração e produção no Brasil. Na ocasião, os autores concluem que houve um aumento significativo no número de depósitos de uma maneira geral, embora não tenha havido uniformidade entre as empresas depositantes quanto a este incremento.

Oliveira (2014) apresenta um estudo em que analisa a gestão do portfólio de patentes de companhias operadoras da área de petróleo e gás. O estudo em questão tem foco nas práticas de abandono de patentes destas companhias. Na ocasião, o autor conclui que existe uma relação entre as práticas de abandono de uma companhia com as características de seu portfólio bem como sua estratégia de patentes.

As estratégias de patente, de uma maneira geral, são classificadas em ofensiva e defensiva. Enquanto para a primeira a patente objetiva proteger a liderança e manter uma posição de monopólio, excluindo terceiros de atos comerciais, para o inovador defensivo ela funciona como um instrumento que garante sua liberdade de uso e poder de negociação para enfraquecer a posição do primeiro (BARBIERI, 2005). Este último busca a patente para não ser excluído de determinada área de desenvolvimento tecnológico ou impedido de executar operações que incluam a tecnologia, enquanto que o inovador cuja estratégia é ofensiva considera a patente como fonte de receita (licenciamento) ou uma ferramenta que garante nível de serviço e exclusividade de seus clientes, o que permite recuperar os custos de P&D.

Tomando como base as empresas do segmento de óleo e gás, principalmente na área de exploração e produção, é possível hipotetizar que companhias operadoras têm a tendência a adotar uma estratégia mais próxima da defensiva. Uma vez que seu negócio é extrair hidrocarbonetos do fundo da terra, as mesmas não teriam preocupações em obter monopólio sobre tecnologias e excluir concorrentes de usá-las fora de seus limites de exploração.

Para as companhias provedoras de serviço, a situação tende a ser diferente, pois se pode depreender que a possibilidade de prestar um serviço tecnológico exclusivo garantiria largas fontes de receita e vantagens sobre as demais provedoras.

De acordo com Perrons (2014) companhias provedoras de serviço tendem a depositar um número maior de patentes em comparação com as operadoras, entretanto, para as companhias provedoras de serviço, a cada 8 patentes depositadas uma é implementada enquanto que para as operadoras, este número médio é de 4,4. Isto revela a tendência de que as companhias operadoras de serviço tendem a enfatizar mais o patenteamento, com o objetivo, segundo Perrons (2014), de defender

o mercado para negócios futuros e proteger alternativas no entorno da ideia principal, o que confirma que as mesmas tendem a seguir uma estratégia ofensiva de patentes.

Conforme já citado, esta dissertação tem por objetivo identificar quais as instituições e as categorias de instituições que podem ser consideras mais importantes no cenário do desenvolvimento de tecnologias de perfuração em termos de patentes no período pesquisado através da ARS. Por meio da análise de uma rede de citações e uma rede de depositantes de patentes se pretende descobrir quais são as empresa**s** que mais contribuem com informações tecnológicas para o desenvolvimento deste campo.

3.2 Citações de patentes

A análise de citações é um método quantitativo de estudo que tem como objetivo pesquisar as relações existentes entre um documento citante e um citado; ou seja, é um método estatístico que serve de apoio para análise, comparação e classificação de citações em documentos, incluindo o número de citações, o ano de publicação e as palavras citadas e suas inter-relações (HUANG et a, 2003 apud RODRIGUES e TOMAEL, 2008).

Tanto no caso de artigos científicos como no caso de patentes, as citações são indicadores da importância científica (artigos) ou tecnológica (patente) de um documento. De uma maneira geral, depreende-se que um documento que é citado diversas vezes tem um nível de relevância e/ou representatividade maior em relação aos outros documentos que compõem a análise. Como ensina Mrvar e Batagelj, (2011), bases de dados de citações como a *Science Citation Index* e a *Social Science Citation Index* listam as citações em um vasto número de revistas e calculam índices como fator de impacto da revista (MRVAR & BATAGELJ, 2011).

Para o caso específico de uma patente, uma citação representa o estado da técnica em que a tecnologia se encontrava antes da patente citante ser publicada (MRVAR & BATAGELJ, 2011). Geralmente, as patentes citantes representam evoluções tecnológicas daquelas citadas por elas, o que pode também se traduzir em certo grau de dependência, caso a novidade proposta pela patente citante seja de caráter incremental. Ou seja, nesta situação, um conhecimento que já é de domínio público é usado para gerar um novo conhecimento e expandir as fronteiras da tecnologia.

Citações em patentes também podem ocorrer com o objetivo de diferenciação de uma tecnologia em relação à outra e, nesse caso, não necessariamente

representaria uma evolução da tecnologia ou mesmo um desenvolvimento incremental.

Citações de patentes permitem ao analista acessar a qualidade e o impacto do material citado, bem como as relações existentes entre os países citantes e citados, entre as empresas citantes e citadas ou mesmo as áreas tecnológicas citantes e citadas (KARKI, 1997).

A literatura sobre citações de patente, de uma maneira geral, apresenta dois tipos de citação, as *backwardcitations*, ou citações para trás, que se referem a documentos de patente citados, e as *forwardcitations*, ou citações para frente, que se referem às patentes citantes.

Conforme ensina Gress (2010), as citações para trás, ou *backyardcitations*, são determinadas no momento em que é feito o depósito do pedido de patente ou da concessão do mesmo, ou seja, o conjunto de patentes citadas sempre estará completo para cada pedido de patente depositado ou concedido. As citações para frente, ou *forwardcitations*, podem estar constantemente em mutação de acordo com o passar dos anos, o que faz com que este conjunto de patentes esteja constantemente em revisão (GRESS, 2010).

O conjunto de citações para trás de um determinado pedido de patente refere-se àqueles documentos em que o pedido tomou como base ou recebeu informações. Desta forma, pode-se afirmar que um pedido de patente que apresenta muitas patentes citadas refere-se a tecnologias relativamente maduras e possivelmente incrementais, partindo do princípio que este teve como base um amplo conjunto de documentos.

Já o conjunto de citações para frente de um pedido de patente refere-se a documentos que tomaram um pedido em questão como base para novos desenvolvimentos ou melhorias, de modo que um pedido de patente que tenha um amplo conjunto de citações para frente, ou seja, patentes citantes, tem probabilidade de ser um documento referente à patente base daquela tecnologia, ou pertencer a um depositante reconhecido por sua capacidade tecnológica naquele campo.

Partindo de uma perspectiva bibliométrica, é possível perceber que os pedidos de patente tendem a manter uma certa constância no número de patentes citadas ao longo dos anos, enquanto que para as patentes citantes, a tendência é que o número seja menor quanto mais recente for o documento de patente(RODRIGUES e TOMAEL, 2008). Sob esta perspectiva, vale salientar que recentes trabalhos estão abordando a análise de citação em patentes sob a ótica da metodologia da análise de redes sociais (BALCONI; LABORANTI, 2006 apud RODRIGUES e TOMAEL, 2008),

análise esta que será utilizada neste trabalho para avaliar as características das citações em patentes referentes à tecnologia de perfuração, basicamente nas indústrias de óleo e gás e de mineração.

Redes de citações de um modo geral revelam padrões de influência em desenvolvimentos de novos trabalhos de modo que estudos de citações podem (e são) ser utilizados para diversos propósitos, incluindo a avaliação de impacto de indivíduos, trabalhos ou instituições na evolução de determinado campo científico (LI-CHUN et al., 2006).

De modo análogo, as redes de citações de patentes, que encontram maior representatividade no campo do desenvolvimento tecnológico, podem revelar características peculiares deste campo, principalmente por meio da identificação e avaliação da importância de determinados desenvolvedores, o que pode constituir importante insumo para tomada de decisões em atividades diversas, como por exemplo, a formulação de estratégias tecnológicas.

Adicionalmente, por meio da análise das redes de citações, também é possível identificar a quebra de paradigmas tecnológicos de uma era. Uma vez que, de acordo com Mrvar & Batagelj (2011), revoluções científicas resultantes de novas ideias e que provocam mudanças repentinas nos paradigmas vigentes são identificadas com mudanças abruptas nas redes de citações.

Como já dito, as redes de citações de patente são por natureza acíclicas. Mrvar & Batagelj (2011), definem uma rede acíclica como uma rede que reflete uma hierarquia, em que todos os arcos devem "apontar para cima" enquanto que nenhum arco deve "apontar para baixo", ou seja, de uma maior hierarquia para uma inferior. Em uma rede de citações, especialmente as de patentes, a hierarquia a que se referem Mrvar & Batagelj (2011) é forjada pela barreira do tempo. Por esta razão não podem existir ciclos, pois um ciclo representaria pelo menos um arco apontando no sentido inverso ao da rede.

As citações em uma rede de citações de patente consistem em integrar e relacionar informações contidas em diferentes documentos, isto é, na inter-relação de um documento citado com o citante (HAJRA, 2006). Estes documentos que se relacionam podem ser artigos de periódicos, capítulos de livros, anais de congresso e documentos de patente (RODRIGUES; TOMAÉL, 2006).

A rede de citações funciona como um sistema de canais que transportam o conhecimento científico e tecnológico (HUMMON; DOREIAN, 1989). Durante o trânsito entre um documento e outro, o conhecimento vai sendo desenvolvido e aprimorado,

sendo possível visualizar seu ciclo de vida de desenvolvimento e mapear os seus "pais/responsáveis". Embora imperfeito, o conjunto de ligações entre patentes que formam uma rede pode ser considerado um mapa do fluxo de informações tecnológicas(HUMMON; DOREIAN, 1989).

A análise de uma rede de citações de patente tem sido modernamente usada para identificar e estabelecer métricas de qualidade e influência tecnológicas de tecnologias específicas, empresas ou mesmo países em determinado campo, bem como identificar e avaliar o padrão de difusão de informações e/ou conhecimento neste meio. As redes de citações de patente revelam tecnologias núcleo e importantes grupos e subgrupos da área (SOCIAL NETWORKS ANALYSIS, THEORY AND APPLICATIONS, 2011).

Karki (1997). descreve importantes aplicações práticas da análise de uma rede de citações de patente como a identificação de atividade tecnológica de ponta; a mensuração da performance nacional em termos de citações; a construção de mapas tecnológicos, a inteligência competitiva, os links entre a ciência e a tecnologia, e a mensuração da dependência externa em termos de insights para o desenvolvimento.

Segundo Marco (2007), três aplicações são as mais comumente descritas na literatura para as redes de citações de patentes: a medição da qualidade da patente, a mensuração do fluxo de tecnologias e a investigação do comportamento estratégico das firmas.

Como já será visto no capítulo seguinte, as métricas de centralidade proporcionam uma boa indicação a respeito da qualidade da patente, pois uma vez que a patente é muito citada, depreende-se que o conhecimento ali disponibilizado é relevante. Entretanto, outras métricas relacionadas ou não à centralidade de grau, geralmente indicam a importância de um determinado documento de patente para a configuração da rede em si, como é o caso da centralidade de intermediação e do peso transversal no caso das redes de citação.

Estas métricas serão usadas no estudo das redes a que se propõe este trabalho a fim de chegar a conclusão da pergunta principal a saber: Quais as instituições e as categorias de instituições que podem ser consideras mais importantes no cenário do desenvolvimento de tecnologias de perfuração em termos de patentes no período pesquisado?

O capítulo que segue fará uma apresentação do tema redes sociais, com o objetivo de contextualizar os métodos, técnicas e métricas que serão aplicados à rede

de citações de patente, bem como à rede de depositantes a fim de alcançar o resultado a que se propõe o presente trabalho.

CAPÍTULO 4 : ANÁLISE DE REDES SOCIAIS

Esse capítulo apresenta uma breve revisão sobre Análise de Redes Sociais (ARS), mais especificamente, abordando conceitos e métricas, que foram utilizadas no desenvolvimento desse estudo.

4.1. O Que é análise de redes sociais (ARS)

A análise de redes sociais é uma técnica já utilizada há décadas, mas que ultimamente tem emergido como importante metodologia para tratar de questões específicas, principalmente sociológicas. Modernamente, a análise de redes sociais tem ganhado um número significativo de adeptos nas áreas de antropologia, biologia, comunicação, economia, geografia, ciências da informação, estudos organizacionais, psicologia social, sociolinguística e tem se tornado um assunto cada vez mais popular. Uma das razões para tal deve-se ao fato de que, por meio da análise de redes sociais, é possível descrever quantitativamente aspectos considerados importantes de fenômenos sociológicos (WASSERMAN e FAUST, 1994).

Wasseman e Faust postulam também que a ARS apresenta uma perspectiva diferenciada das pesquisas sociais e comportamentais tradicionais, uma vez que baseia-se na importância do relacionamento entre os atores que interagem entre si e não apenas nas suas características individuais. (WASSERMAN & FAUST, 1994). Princípios como este diferenciam a ARS das abordagens mais tradicionais.

Em um estudo bibliométrico que considera documentos de patente, por exemplo, observa-se como atributos individuais de um determinado ator, o número de patentes depositadas, o ano de depósito, o status de um determinado documento de patente, o número de reivindicações e outros. Por meio destes atributos, pesquisadores consideram indicadores individuais, como o número de depósitos de cada ator, o ano em que houve mais depósitos, o número de patentes concedidas ou negadas, a quantidade de reivindicações da cada documento de patente, dentre outros. A partir daí, buscam explicações para eventos de seu interesse como a obsolescência ou maturidade de uma tecnologia, o maior ou menor esforço tecnológico por parte de alguns players e etc.

Um exemplo desta abordagem está no trabalho de Cavalheiro, et al, (2014), que apresenta um estudo em que examina o impacto da descoberta de campos gigantes da petróleo na camada do pré-sal feito pela empresa Petróleo Brasileiro S/A

(Petrobras) no número de depósito de pedidos patentes com classificação internacional E21B no Brasil. Na ocasião, o autor hipotetiza e conclui, a partir do número de pedidos de patente depositados por ano, que a referida descoberta incentivou, a partir do ano de 2007, um incremento no depósito de pedidos de patente desta categoria, embora este aumento não tenha ocorrido para todos os principais depositantes.

Por meio da análise de redes sociais, além dos atributos individuais, as características relacionais também são consideradas. Uma rede de citações de patentes é um exemplo típico de um estudo de patente que pode envolver a análise de redes sociais. As métricas e valores calculados por meio da ARS permitem mensurar e tangibilizar algo que tem natureza intangível, o relacionamento.

Adicionalmente, a perspectiva de análise por meio da ARS apresenta algumas características singulares, como as que seguem (WASSERMAN & FAUST, 1994):

- Atores e suas ações e relações são vistos como interdependentes, e não mais como independentes;
- As ligações entre os atores de uma rede são em sua maioria canais por onde ocorre o fluxo de recursos, como materiais, informações ou conhecimentos;
- Pressupõe-se que as variáveis estruturais exercem importante influência sobre as variáveis individuais ou comportamentais;
- o papel ou posição de um indivíduo na rede pode restringir ou possibilitar ações individuais.

Dentre as diversas áreas de estudo que se beneficiam do uso da ARS como metodologia de pesquisa, uma das mais imediatas e fáceis de perceber é a epidemiologia. Nesta área de pesquisa, o uso de dados relacionais, em detrimento de atributos individuais, facilitam o entendimento de como ocorre o padrão de contato entre pessoas de uma determinada população ou mesmo como se dá o padrão de contágio por uma determinada doença (SOARES, 2012).

Estudos organizacionais, que fornecem suporte à tomada de decisões em ambientes corporativos também têm feito uso da metodologia de ARS. O mapeamento de redes de distribuição, cadeia de suprimentos e o fluxo financeiro transnacional são questões às quais a ARS pode fornecer uma nova perspectiva de análise, além do padrão de difusão das inovações tecnológicas e da transferência de tecnologia entre desenvolvedores e usuários (MARSHALL & STAEHELI, 2014).

4.2 Redes sociais

Mas o que são redes sociais? Antes de falar sobre Análise de Redes Sociais, a partir daqui referenciada apenas pela sigla **ARS**, é necessário definir o que são redes sociais. De maneira geral, uma rede social pode ser definida como um conjunto de atores sociais conectados por relações sociais. Vale ressaltar que, neste contexto, a definição de redes sociais é tão ampla que engloba praticamente todos os tipos de interação que ocorrem em rede.

Diversos autores apresentam suas definições para redes sociais geralmente atreladas às perspectivas de suas pesquisas e sua visão sobre o assunto. Para Jenssen e Koening (2002), as redes são padrões de relação duradouros entre pessoas. Mvar e Batagelj (2011) apresentam a definição de redes sociais baseados na definição de um grafo, uma vez que seu livro tem suporte matemático na teoria dos grafos. Para Mvar e Batagel (2011) uma rede consiste de um grafo com informações adicionais no vértice ou em suas linha, sendo que um grafo é definido como um conjunto de vértices (também chamados de nós) e um conjunto de linhas, sendo que cada linha conecta dois vértices. Para Wasserman e Faust, (1994), redes sociais consistem em um conjunto finito de atores e a relação ou relações definidas entre eles. Redes sociais podem ainda ser definidas como relações padronizadas entre indivíduos e organizações (ALDRICH e DUBINI, 1991 apud. SILVA, 2006).

Na visão de autores organizacionais, as redes implicam na gestão estratégica que oferece benefícios os quais são distribuídos e compartilhados pelos demais membros da rede. As redes são importantes relações que se estendem por todas as direções, sem limites definidos ou times de organizações interdependentes, complementadas por suas competências/habilidades, recorrentes de uma complexidade de envolvimento de negócios (RAMU e ASTLEY, apud GOEDERT, 2005). Para Achrol e Kotler (2001) (apud GOEDERT, 2005) uma rede pode ser considerada como:

> ... um mecanismo de mercado para alocar pessoas e recursos para problemas e projetos de maneira descentralizada numa perspectiva de flexibilidade e adaptabilidade às mudanças no contexto organizacional. Neste sentido, os autores apontam que, a rede caracteriza-se pelo planejamento e controle descentralizado; pelo foco nos relacionamentos laterais e pela integração entre a estrutura formal e as múltiplas formas de relacionamentos sociais vigente numa organização.

Outro tipo de rede que apresenta destaque no cenário organizacional são as denominadas redes inter-firma (ou interorganizacionais), onde os atores, que são

basicamente empresas, ganham destaque por meio da grande variedade de arranjos interorganizacionais possíveis, como alianças estratégicas, consórcios, Joint ventures, ou mesmo arranjo por áreas geográficas. (EBERS, 1999). E ainda de acordo com Ebers (1999), uma razão básica para esta variação deve-se ao fato de que o termo "rede" é suficientemente abstrato desde que se refere a uma estrutura de relações entre atores de um sistema social. Neste tipo de rede, e a partir de um ponto de vista empírico, as redes são regularmente descritas como arranjos organizacionais híbridos que combinam propriedades de coordenação hierárquica e de mercado (KLEIN & POULYMENAKOU, 2006).

Com base nas diversas contribuições dos autores mencionados anteriormente, entende-se que a definição de redes sociais para a presente pesquisa deve encontrar respaldo mais fortemente na definição de Wasserman e Faust (1994) e na de Aldrich e Dubibi (2001) (apud GOEDERT, 2005), uma vez que tais definições consideram que existe uma "relação" entre dois nós e não uma "comunicação" entre eles. A maioria dos autores parte do princípio de que os atributos de uma rede e suas características são resultantes da relação entre os atores expressa pela existência de uma linha ou arco entre os tais. Entretanto, nesta pesquisa considera-se a ausência de comunicação entre dois nós como uma relação entre os mesmos, que por vezes, pode indicar aspectos mais importantes ou surpreendentes do que a própria existência da comunicação, pois alguns atores, mesmo não estando ligados, sofrem influência um do outro.

Por esta razão, para o presente trabalho, uma rede social é definida como um conjunto de atores sociais e suas relações sociais, que podem ocorrer na forma de presença ou mesmo ausência de relacionamentos.

4.2.1 Atores sociais

Como já definido, as entidades sociais que compõem a rede são denominadas atores. Para Wasserman e Faust (1994), atores são indivíduos discretos, corporações ou unidades sociais coletivas. Como exemplos de atores se podem citar pessoas em um grupo, departamentos de uma corporação, agências de serviços públicos em uma cidade ou um país ou estado nacional sob a perspectiva do mundo inteiro. Para Mvar e Batagelj (2011), um ator, também referenciado pelo termo "vértice", é a menor unidade em uma rede, sendo usualmente identificado por um número quando se usam as métricas da ARS para análise da rede.

Não necessariamente, um ator de uma rede social tem a vontade, habilidade ou necessidade de realizar uma ação. Para ser um ator basta ter alguma relação social com outro ator, ou seja, basta pertencer à rede.

No caso das redes irter-firma, firmas ou companhias são os principais atores em uma rede. Para este tipo de ator, as razões para iniciar ou se juntar a uma ou diversas redes reflete raciocínios estratégicos específicos. Esses raciocínios estratégicos podem refletir aspectos como o estágio do ciclo de vida da organização, as competências a que a organização tem acesso e/ou o ambiente em que a organização está inserida (BLEICHER, 1999 apud KLEIN & POULYMENAKOU, 2006).

4.1.2 Relações sociais

As relações sociais, também chamadas de linhas, são os elos que ligam um ator ao outro ou aos outros. Estes elos podem representar qualquer interação. Os tipos de ligações entre atores podem variar significativamente, sendo importantes atributos de uma rede. Por muitas vezes, essas ligações moldam as características de uma rede(WASSERMAN E FAUST, 1994).

Segundo Wassermas e Faust (1994), um aspecto definidor de uma linha é que ela estabelece uma ligação entre um par de atores, sendo que alguns dos exemplos mais comuns de linhas empregadas em uma rede e apresentadas por Wasserman e Faust são :

- avaliação de uma pessoa por outra;
- transferência de recursos materiais;
- associações ou afiliações;
- interação comportamental;
- movimentação entre locais ou estados;
- relação formal;
- relacionamento biológico.

No caso das redes interorganizacionais, as linhas geralmente indicam algum tipo de relacionamento econômico, formal ou contratual, ou mesmo a estrutura de governança de uma rede, incluindo relações de poder bem como a qualidade do relacionamento social (KLEIN & POULYMENAKOU, 2006). Diferentemente dos fluxos e das trocas que ocorrem entre empresas no mercado, as trocas em uma rede

interorganizacional, como por exemplo uma rede de colaboração, envolvem relacionamento próximo, troca de conhecimento e experiências além responsabilidades, aspectos que não podem ser cobertos ou previstos por instrumentos contratuais. Para este caso específico de rede (interorganizacionais), uma ligação entre dois atores geralmente representa um interesse ou um propósito comum, além de um compartilhamento de esforços e recursos.

As relações entre atores em redes sociais também podem ser classificados como arcos ou arestas, de acordo com o relacionamento que estas linhas representam ou mesmo a direção do fluxo de recursos sobre estes. Um arco representa uma linha direcionada, ou seja, com seu início e seu destino definidos, não havendo neste caso uma relação de reciprocidade. De acordo com Mvar e Batajel (2011), um arco representa um par ordenado de vértices no qual o primeiro vértice é um remetente e o segundo vértice é um destinatário ou recebedor.

Já uma aresta representa uma linha não direcionada, ou seja, expressa somente que existe um relacionamento entre dois atores, ou mesmo um relacionamento recíproco entre estes. Um claro exemplo desta situação são as redes de coautoria de artigos, em que a relação entre dois autores é recíproca de um para com o outro.

A grande variedade de nomes e tipos e conceitos de redes indicam também que as redes podem surgir em diferentes formatos, tamanhos ou finalidades, cada qual com características próprias, tanto em função de seus atores quanto em função da relação entre estes. Estas diferentes naturezas e arranjos dão origens a tipologias variadas, com *modus operandis* distintos.

4.3 Tipologias de redes sociais

As tipologias e classificações de redes sociais são apresentadas pela literatura de maneira muito vasta, a depender da natureza dos atores e das propriedades das ligações entre estes. Uma primeira classificação, apresentada por Birley (2004) (*apud* SILVA, 2006) considera as redes sociais como formais e informais, em que as redes informais tratam, na maioria das vezes, de vínculos entre pessoas, como família, grupos de amigos e colegas e demais grupos, onde os atores apresentam alguma relação espontânea e não formal. As redes formais: empresas, governos, universidades países e outras, se caracterizam basicamente pela existência de uma estrutura que a legitima dentro de um determinado contexto.

Segundo Lechner e Dowling, (2003) (*apud* SILVA, 2006), as redes podem ser caracterizadas também por sua composição relacional, que pode ser horizontal ou vertical. A rede como conexão vertical é aquela que cria mais de um nível de conexão, ou seja, o ponto atingido depende de outro ponto para ser conectado. Já a conexão horizontal é aquela direta, numa única etapa, entre dois componentes da rede. As redes variam no número de conexões (densidade) e na intensidade destas conexões e relacionamentos (LECHNER e DOWLING (2003) apud SILVA 2006).

Goedert (2005) apresenta uma figura, proposta pelo Núcleo de Gestão de Estudos em Inovação, Gestão e Tecnologia de Informação que, ao estudar os tipos de rede, mostra um quadro com a evolução dos modelos de rede (Figura 1).

A figura 1 baseia-se na visão organizacional das redes, nas quais presume-se que haja colaboração entre os atores para o alcance de determinados objetivos previamente estipulados.

Dentre as redes expostas na figura 1, imediatamente percebe-se que um tipo de rede faz uso natural e intensivo de arranjos colaborativos para o alcance de seus objetivos, a rede de inovação. Pisano e Verganti (2008), apresentam quatro maneiras básicas de colaboração segundo as quais as redes de inovação, onde atores envidam esforços conjuntos para inovar, podem operar. Para os autores, tais maneiras diferem significativamente no grau no qual os membros estão abertos ou não para outros que desejam participar.

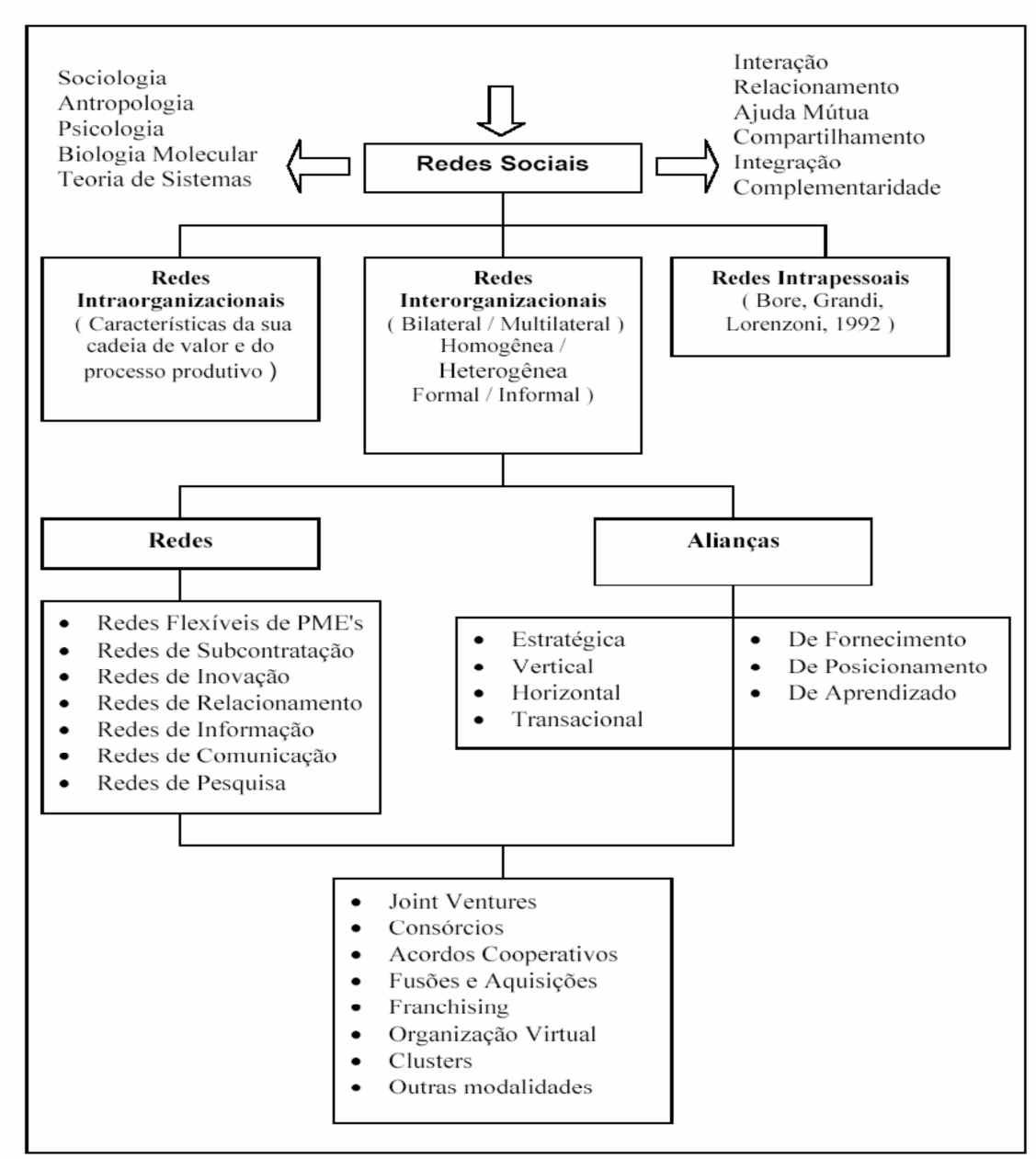


Figura 1. Origens das redes
Fonte: Grupo de pesquisas UFSC/PPGEP/IGTI (1999), apresentado por Goedert, Adriano 2005

De acordo com Pisano e Verganti (2008), as quatro maneiras de colaboração podem ser classificadas quanto à governança (hierárquica ou plana) e quanto à participação (aberta ou fechada). Um rede hierárquica e aberta é chamada de uma **loja de inovação**, ou seja, um "lugar" onde a companhia pode apresentar um problema a ser resolvido e qualquer um está apto a propor soluções, sendo que a companhia em questão seleciona a mais apropriada.

Uma rede hierárquica e fechada é denominada **círculo de elite**, em que um seleto grupo de participantes são escolhidos pela companhia, que também define o problema e escolhe as soluções.

Uma rede plana e aberta é denominada **comunidade de inovação**, que se refere a uma rede onde todos podem propor problemas e oferecer soluções, além de decidir quais soluções são mais adequadas a seus interesses.

Uma rede plana e fechada é denominada um **consórcio**, em que um grupo privado de participantes se une para selecionar os problemas e decidem como conduzir os trabalhos e selecionar as possíveis soluções.

Wasserman e Faust (1994) apresentam três tipos básicos de redes sociais que podem ser estudadas. Eles, entretanto, categorizam as redes pela natureza de seu conjunto de atores e propriedades das relações entre eles. Segundo Wasserman e Faust (1994), o modo de uma rede é definido como o número de conjuntos de entidades no qual as variáveis estruturais são medidas.

Em uma rede classificada como modo 1 *(one mode)*, a rede é construída basicamente por um tipo de ator, ou seja, atores de uma mesma natureza, que podem ser pessoas, países, organizações, documentos e outros. Uma rede modo 2 *(two-mode)* foca em dois conjuntos diferentes de atores. Outro tipo de rede seria também a rede de modo 2 em que existe um conjunto de atores e um conjunto de eventos, também chamada de rede de afiliações (WASSERMAN E FAUST, 1994).

Segundo Wasserman e Faust (1994), em uma rede modo 1 os atores podem apresentar uma grande variedade de tipos, como pessoas, subgrupos, organizações e outros. Entretanto, as relações medidas estão no nível de par de atores, podendo ocorrer de diversas maneiras, como as apresentadas abaixo:

- Avaliação individual: amizade, respeito, relacionamento afetivo e etc.
- Transações ou transferências de recursos materiais: empréstimos, compra, venda e etc.
- Transações ou transferências de recursos não materiais: comunicação, envio e recebimento de informações.
- Interações
- Papeis formais: hierarquia de comando e etc.
- Relações de parentesco: descendência, casamentos e outros.

Uma rede de modo 2 *(two-mode)* envolve a mensuração de dois conjuntos de atores distintos, ou um conjunto de ator e um conjunto de eventos. No caso da rede com dois conjuntos distintos de atores, a relação ocorre entre um ator do primeiro conjunto com o ator do segundo conjunto .

Um exemplo deste tipo de rede pode ser encontrado em Galaskiewicz & Wasserman (1989) (apud Wasserman e Faust, 1994) que corresponde a um grupo de corporações situadas na região metropolitana de Mineapolis e um conjunto de organizações sem fins lucrativos que contam com contribuições do setor público para suas operações. A relação primaria entre elas era o fluxo de doações das corporações para as organizações sem fins lucrativos, o que se traduzia claramente em uma relação modo 2, pois uma doação não poderia ocorrer de uma corporação para outra corporação e nem de uma organização sem fins lucrativos para outra.

De uma maneira simplista, as relações de prestação de serviços entre operadoras de petróleo e gás e provedoras de serviço ou tecnologia de petróleo também pode ser considerada uma rede de modo 2, uma vez que espera-se que a prestação de serviço ocorra entre provedora e a operadora, de modo que uma provedora pode ter diversas operadoras em sua carteira de clientes e uma operadora pode demandar serviços de diversas provedoras, simultaneamente ou não. Isto, entretanto, não ocorre com a rede obejeto desta dissertação, uma rede de citações de patentes, pois fica evidente que uma provedora de serviço ou operadora pode citar empresas do mesmo tipo.

O próximo tipo de rede apresentado por Wasserman e Faust (1994) diz respeito à rede modo 2 em que existe um conjunto de atores e um conjunto de eventos, que é também chamada de rede de afiliações, e ocorre quando um conjunto de atores é mensurado com respeito à participação ou afiliação com um conjunto de atividades e ou eventos. Wasserman e Faust (1994) apresentam como exemplo deste tipo de rede um conjunto de mulheres a qual foram atribuídas uma variedade de funções sociais. Cada função social pode ser vista como uma variável, e uma medição binária é feita para saber se um ator específico participou de uma função específica.

Outro exemplo que pode ser considerado uma rede de afiliações é o relacionamento entre bancos e seus clientes. Na atualidade, as relações bancárias podem ser vistas como uma rede modo 2 com dois conjunto de atores, uma vez que é cada vez mais comum pessoas possuírem relacionamentos comerciais ou sociais com mais de um banco. Nesta rede, clientes correspondem a um tipo de ator enquanto que os bancos correspondem ao outro tipo. As relações sociais ocorrem sempre entre um

cliente e um banco, não sendo possível a relação entre dois clientes ou entre dois bancos.

De acordo com Mvar e Batagelj (2011), diferentes tipos de filiação não se sobrepõem de modo aleatório, ou seja, de modo geral, círculos sociais geralmente contém indivíduos que estão agrupados por filiação a mais de um tipo de organização ou evento. A partir do número ou intensidade de eventos compartilhados, pode-se inferir o grau de semelhança das pessoas. Ademais, também é possível inferir que organizações ou eventos que compartilham mais membros também estão mais próximos socialmente (MVAR E BATAJEL, 2011).

Tendo como base esta afirmativa é possível concluir que uma rede comum (*one mode*) pode ser extraída e estudada a partir de uma rede de afiliações, convertendo-se vínculos indiretos em diretos e obtendo-se parâmetros relacionais entre atores que inicialmente não possuiam relações.

Um exemplo mais imediato deste tipo de interação são as redes que tem como atores artigos e seus autores. Nesta rede cada autor é relacionado a pelo menos um artigo de maneira isolada ou compartilhada e cada artigo é relacionado a pelo menos um autor, de modo que dois ou mais autores que compartilham muitos artigos em coautoria pode indicar um grupo coeso de autores que tem por hábito trabalhar em conjunto.

As redes sociais também podem ser classificadas com relação aos atributos de suas linhas, conforme já descrito anteriormente. Uma rede pode ser direcionada (*directed network*) ou não direcionada (*undirected network*).

Segundo Mvar e Batajelj (2011), em uma rede não direcionada, o grau de um determinado vértice é igual ao número de vértices que são adjacentes a ele, ou seja, todas os relacionamentos entre os vértices são recíprocos entre si, não havendo pontos de partida e de chagada para as linhas que representam as interações entre os vértices, sendo estes ligados por arestas. Como já dito, um exemplo clássico deste tipo de rede são as redes de coautoria, em que uma linha entre dois atores representa a realização de um trabalho conjunto.

Em uma rede direcionada, entretanto, existe uma diferença, uma vez que é necessário distinguir, para um mesmo ator ou vértice, o número de arcos recebidos e o número de arcos enviados. Para uma rede direcionada, não é necessário que haja reciprocidade entre dois atores, ou seja, a relação de um determinado ator para com seu vizinho na rede pode não necessariamente ocorrer no sentido inverso. Um exemplo deste tipo de rede são redes que tratam de afetividade entre pessoas. Uma pessoa (remetente) pode nutrir um sentimento por outra(destinatário ou recebedor) e

não ser correspondida enquanto que por sua vez, o destinatário deste sentimento pode nutrir o mesmo sentimento por uma terceira pessoa.

A delimitação de uma rede é sempre artificial, já que os atores selecionados podem ter ligações com outros atores que não pertencem ao grupo de interesse para o estudo em questão. Assim, em qualquer estudo que envolva redes sociais é importante explicitar os critérios usados para incluir ou excluir indivíduos em uma rede social. Em uma abordagem realista os próprios atores podem indicar os indivíduos que fazem parte, por exemplo, de uma "gangue". Uma abordagem nominalista implica que o pesquisador determina os atores que irão compor a rede; por exemplo, em um estudo sobre a comunicação científica entre pesquisadores em determinada área do conhecimento pode-se optar por selecionar todos os pesquisadores que publicaram artigos na área nos últimos anos. (WASSERMAN e FAUST, 1994).

4.4 Redes sociais acíclicas

Como também já foi dito, uma rede de citações de patente é uma rede direcionada, uma vez que um determinado ator (documento de patente) pode citar e ser citado por outros documentos sem que haja reciprocidade entre eles. Entretanto, este tipo de rede guarda uma característica peculiar de temporalidade, pois, pelo menos em situações normais, e para o caso desta dissertação, um documento só pode citar outro mais antigo que o próprio e, consequentemente, só pode ser citado por um documento mais recente.

Esta característica torna impossível a existência de ciclos ou loops na rede, o que significa que nenhum caminho da rede pode se iniciar e se encerrar no mesmo vértice. Esta rede é então denominada acíclica.

Embora a rede de citações seja o exemplo mais imediato de uma rede acíclica, muitas redes de interesse científico apresentam esta configuração, como árvores genealógicas, redes filogenéticas, cadeias alimentares, redes neurais alimentadas para frente e gráficos de chamada de software (KARREN e NEWMAN, 2009).

Mvar e Batagelj (2011) associam redes acíclicas mais fortemente a rankings e hierarquias existentes entre seus atores e citam como exemplo a subordinação de um soldado a seu sargento e, em sequência, do sargento para com o capitão. Um arco que aponta para a direção errada, ou seja, indicando obediência do capitão para com o soldado, subverteria a ordem natural da rede e criaria um ciclo nesta.

4.5 Conceitos e métricas na análise de redes sociais

Por meio da análise de redes sociais, com suporte da teoria dos grafos, é possível dar um tratamento quantitativo a fenômenos de natureza sociológica, isso significa que as métricas e medidas resultantes de uma análise de uma rede social fornecem padrões de comparabilidade entre indivíduos de uma mesma rede ou mesmo entre redes distintas, considerando os aspectos relacionais envolvidos.

4.5.1 Centralidade

Os conceitos de **centralidade**, segundo Mrvar e Batagelj (2011), é um dos conceitos mais antigos em análise de redes sociais, pois a maioria das redes estudadas, seja de empresas, pessoas, países ou outros, contém atores que são centrais e outros que são periféricos, a depender basicamente da quantidade e qualidade das relações com os outros atores. Por causa de sua posição na rede, atores mais centrais desfrutariam de melhor acesso a informação e melhores oportunidades para fazer uso desta, sendo que uma rede pode ser mais ou menos centralizada (MRVAR & BATAGELJ, 2011).

Logo, é possível inferir que a centralidade é uma medida relativa ao indivíduo, ao ator em si e representa a posição de determinado nó da rede em relação à rede como um todo. Este é um indicador de poder social de um nó na rede, baseado em sua capacidade de conectar a rede.

Existem variadas maneiras de medir a centralidade de um vértice e estas inclusive são diferentes para redes não direcionadas e direcionadas.

A métrica de centralidade mais imediata é a **centralidade de grau,** que coresponde ao próprio grau deste vértice, ou seja, o número de linhas incidentes a este grau. Para um grafo G=(V,E), com n vértices, por exemplo, a centralidade de grau para um vértice (v) expressa por $C_G(v)$ é:

$$C_G(v) = \deg(v)$$

Onde deg(v) corresponde ao grau do vértice v.

Outra métrica de centralidade é a **centralidade de proximidade**, que baseia-se na distância total entre um determinado vértice e todos os outros vértices. As distâncias maiores representam menores escores de centralidade de proximidade. Quanto mais perto um vértice está de todos os outros vértices, mais facilmente uma informação poderá alcançá-los, e maior será a sua centralidade de proximidade.

A centralidade de proximidade usa o conceito de "distância" em redes, que por sua vez se refere ao número de passos intermediários que são necessários para que uma informação ou recurso que transita na rede vá de um determinado vértice até outro. Quanto menor a distâcia entre dois vértices mais fácil será a troca de informações entre estes vértices.

A centralidade de proximidade geralmente é calculada usando-se o caminho mais curto entre dois vértices, ou seja, a sequência de linhas na qual nenhum vértice entre o primeiro e o último do caminho ocorre mais de uma vez. Este caminho mais curto é também chamado de caminho geodésico (MRVAR & BATAGELJ, 2011).

A centralidade de proximidade pode ser calculada dividindo-se o a soma dos outros vértices da rede pela soma de todas as distâncias geodésicas entre o vértice em questão e todos os outros, como mostra a expressão abaixo:

$$C_P(v) = \frac{N_{vr} - 1}{\sum d_g(v,t)}$$

em que:

$C_P(v)$ = Centralidade de proximidade do vértice v.

N_{vr} = Número de vértices da rede

$d_g(v,t)$ = distância geodésica de um vértice (v) até outro vértice (t) da rede

A centralidade de intermediação baseia-se na idéia de que um nó é mais central se é mais importante como intermediário em uma rede de comunicação. O quão crucial é um nó para a transmissão de informações através de uma rede. Quantos fluxos de informação são interrompidos ou devem fazer desvios mais longos, se um nó pára de transmitir informações ou desaparece da rede.

Diferentemente da centralidade de grau e da centralidade de proximidade, a centralidade de intermediação indica o quanto um determinado vértice é requerido por uma rede como um elo da cadeia que facilita a difusão de informações ou o fluxo de recursos.

A centralidade de intermediação de um determinado vértice pode variar entre 0 e 1, é calculada dividindo-se o número de caminhos geodésicos que passam por um determinado vértices e todos os caminhos geodésicos na rede. Por caminho geodésico entende-se o menor caminho entre dois vértices. Dessa forma, define-se a centralidade de intermediação de um determinado vértice como sendo a proporção de

todos os caminhos geodésicos entre dois outros vértices e que incluem o dito vértice (MRVAR & BATAGELJ, 2011), conforme expressão abaixo:

$$C_I(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

Em que:

$C_I(v)$= Centralidade de intermediação do vértice V

$\sigma_{st}(v) =$ Número de caminhos geodésicos entre o vértice s e o vértice t que contém o vértice v

$\sigma_{st} =$ Número de todos os caminhos geodésicos entre dois vértices da rede.

De modo geral, vértices que costumam a aparecer nos menores caminhos entre outros vértices têm elevados escores de centralidade de intermediação e encontram-se em posições privilegiadas em relação aos demais elementos em uma rede.

4.5.2 Análise Hub x Autoridade

A análise Hub X Authoridade considera a centralidade de proximidade de um vértice como um índice representante do grau no qual um nó é posicionado no centro da rede. Desta forma, é possível determinar as métricas de *hub e authority* por meio do cálculo da centralidade de proximidade. Vértices Hubs e Vértices autoridades são dois tipos de vértices importantes em uma rede. De uma maneira geral, um vértice é um bom Hub se este apontar para muitos vértices autoridade. De maneira análoga, um vértice será uma boa autoridade de for apontado por muitos vértices Hub (MRVAR & BATAGELJ, 2011) .

As métricas de Hub e Autoridade apenas fazem sentido em redes direcionadas, como uma rede de citações, desta forma, tem relação direta com as métricas de grau de cada vértice em questão, sendo o primeiro relacionado ao grau de saída enquanto que o último se relaciona com o grau de entrada do vértice (CHOE, H et all, 2013)

4.5.3 Prestígio

O prestígio e a centralidade são maneiras distintas de evidenciar um determinado vértice. Como já dito, a **centralidade** refere-se à quantidade de ligações nas quais um vértice está envolvido, e pode incluir medida de ligações indiretas do

vértice – por exemplo: um vértice com poucas ligações diretas pode estar ligado a vértices extremamente centrais, ou seja, a vértices que, por sua vez, apresentam muitas ligações diretas. A centralidade, portanto, pode ser medida em relações direcionais e não-direcionais. Em muitos casos a simples participação em cadeias de informação importantes pode dar uma importância elevada a um vértice; mesmo que este não seja a origem daquilo que flui por meio das conexões, a sua ausência pode interromper ou modificar a cadeia de transmissão. (WASSERMAN E FAUST, 1994).

Um vértice com alto **prestígio** é aquele que recebe de várias escolhas positivas. Em um estudo de ligações de amizade, por exemplo, o vértice com maior prestígio poderia ser aquele que é mais vezes citado como amigo pelos outros. Se relações afetivas negativas estiverem em estudo, não necessariamente o vértice que seja objeto de maior número de ligações será o mais popular; se a relação em estudo for de aconselhamento o vértice mais respeitado pode ser o que envia mais ligações, e não o que recebe. Desta forma, conclui-se que o prestígio só pode ser medido em relações direcionadas. Como sinônimo de prestígio se pode citar popularidade. (WASSERMAN E FAUST, 1994).

O prestígio de um determinado ator em uma rede é mais evidente quando escolhas positivas não são recíprocas, por exemplo, em uma rede que envolve sentimentos de admiração, uma pessoa que é admirada por outras não necessariamente admira os seus admiradores.

Em uma rede direcionada, o prestígio ou popularidade de um determinado ator está relacionado ao número de arcos que este recebe. Uma das métricas mais usuais para medir o prestígio de um ator da rede é a proximidade de prestígio, que é calculada dividindo-se a proporção de todos os vértices no seu domínio (exceto o próprio) pela distância média entre o vértice e todos os outros vértices em seu domínio (MRVAR & BATAGELJ, 2011), conforme abaixo.

$$P_P(v) = \frac{N_{vd}}{\overline{d_g}(v,t)}$$

Em que:

$P_P(v)$= Proximidade de prestígio do vértice v.

N_{vd}= Número de vértices no domínio do vértice v, exceto o próprio

$\overline{d_g}(v,t)$= Distância média entre o vértice v e os outros vértices de seu domínio.

Diferentemente das métricas de centralidade, o prestígio está relacionado ao seu domínio de input, que, conforme ensinam Mrvar e Batagelj (2011), corresponde ao número ou percentual de todos os outros vértices que estão conectados por algum

caminho ao vértice em questão. Desta forma, fica evidente que o vértice com maior proximidade de prestígio não necessariamente terá valores altos de centralidade, principalmente em redes que sejam compostas por muitos subgrupos isolados denominados componentes.

Domínios de input grandes geram valores de proximidade de prestígio maiores porque um número maior de vértices estão escolhendo um determinado vértice direta ou indiretamente (MRVAR & BATAGELJ, 2011).

4.5.4 Coesão

A coesão está diretamente relacionada com a densidade de uma rede, que por sua vez refere-se ao número de linhas entre os nós. Quanto mais linhas entre os nós uma estrutura de rede produzir mais densa esta será, e, presumivelmente, mais coesa. Esta medida pode ser calculada por meio da divisão do número de linhas de uma rede pelo número possível de linhas, e varia entre 0 e 1(SOCIAL NETWORKS ANALYSIS, THEORY AND APPLICATIONS, 2011), conforme abaixo:

$$C_R = \frac{NL_R}{NPL_R}$$

Em que:

$C_R =$ Coesão da rede

NL_R= Número de linhas da rede

$NPL_R =$ Número possível de linhas na rede

4.5.5 Peso transversal

O peso Transversal é um índice proposto por Hummon e Doreian (1989) e que tem por finalidade medir a conectividade de um determinado nó ou laço no âmbito da rede (HUMMON & DOREIAN, 1989). O peso de cada nó está relacionado ao número de vezes em que este se encontra presente nos caminhos que conectam todos vértices da rede (HUMMON & DOREIAN, 1989).

O modo de cálculo do peso transversal, segundo Mrvar e Batagelj(2011) considera todos os caminhos de cada fonte para cada destino e conta o número de percursos que incluem um vértice em particular. Em seguida, ele divide o número de caminhos que usam uma citação pelo número total de caminhos entre vértices fonte e

destino da rede. Esta proporção é o peso transversal de uma citação. De um modo semelhante, é possível obter o peso transversal de cada vértice (MRVAR & BATAGELJ, 2011).

Hummon e Doreian(1989) propõe três maneiras diferentes de calcular esta métrica. Na primeira, denominada *"node pair projection count"* (NPPC), são consruidas matrizes que conectam pares de vértices, sendo que o peso transversal de cada vértice é obtido por meio da contagem do número de vezes que cada vértice se envolve na ligação de outros dois vértices (HUMMON & DOREIAN, 1989).

O segundo método apresentado pelos autores é o *Search Path Link Count* (SPLC). Neste método, são identificados todos os caminhos possíveis da rede emanando de um vértice. O peso transversal é então calculado somando-se o número de caminos em que um determinado vértice está presente (HUMMON & DOREIAN, 1989).

O terceiro método, que é o usado nesta dissertação, também considera os caminhos da rede que se iniciam de um vértice, entretanto, ao invés de proceder uma simples contagem dos caminhos, como o SPLC, também são considerados todos os pares de vértices conectados ao longo do caminho. Desta forma, os vértices que se posicionam na região central do caminho tendem a apresentar maior peso (HUMMON & DOREIAN, 1989).

A partir das definições propostas por Mrvar e Batagelj(2011) e Hummon e Doreian (1989), é possível concluir que em uma rede de citações, quanto maior for o peso transversal de uma citação, mais importante é aquele vértice para a rede, pois o mesmo apresenta características a partir das quais é possível inferir que seja um ponto de referência para os demais atores. Artigos científicos ou patentes são documentos que contém conhecimento, e a citação indica o quanto esse conhecimento flui entre as comunidades científicas ou mesmo entre empresas. Cada fluxo segue o caminho das citações, sendo que as citações que ocorrem em muitos caminhos são importantes para a transmissão do conhecimento.

O caminho principal de uma rede, também proposto por Hummon e Doreian (1989), pode ser definido como o caminho entre uma fonte (um vértice que não é citando por ninguém dentro da rede) e um destino (um vértice que não cita ninguém dentro da rede) que contém os vértices com o maior peso transversal (HUMMON & DOREIAN, 1989). Documentos ou citações com alto peso transversal geralmente estão presentes neste caminho. O caminho principal é o caminho com a maior conectividade da rede

A operacionalização do caminho principal compreende a identificação dos máximos pesos transversais da rede, são esses pesos transversais que serão utilizados para definição do caminho. Em qualquer nó, escolhe-se o próximo link no caminho como o link de saída com o maior peso transversal e, aplicando essa técnica repetidamente, conseguimos chegar a um caminho que pode ser chamado como o caminho principal.

No próximo capítulo será descrita a aplicação da metodologia utilizada e apresentados os resultados da pesquisa, para em fim, disponibilizar a contribuição do autor desta dissertação para o tema ora proposto.

CAPÍTULO 5: METODOLOGIA

A pesquisa constitui um procedimento formal, racional e sistemático que tem por objetivo proporcionar respostas às questões que são formuladas (GIL, 2006; MARCONI E LAKATOS, 1991). Toda pesquisa, portanto, requer uma metodologia e a adoção de métodos e procedimentos que devem ser aplicados de forma estruturada. Esse capítulo, portanto, descreve a metodologia e os procedimentos utilizados na condução desse trabalho.

5.1. Abordagem metodológica

O estudo executado na presente dissertação conceitua-se como um estudo exploratório de natureza quantitativa e bibliométrica, que objetiva apontar uma direção com relação aos objetivos propostos já definidos. Conforme ensina Gil (2008), as pesquisas exploratórias são desenvolvidas para proporcionar uma visão geral, de modo a constituir a primeira etapa de uma investigação mais ampla. De fato, a presente pesquisa considerou um recorte das classificações internacionais que envolvem tecnologias de perfuração de modo a obter um resultado que pode ser um rumo para pesquisas posteriores.

Já a pesquisa quantitativa tem como base do estudo dados que são quantificáveis e que, portanto, podem ser analisados e tratados a partir de técnicas estatísticas e matemáticas (GIL, 2008). Um estudo bibliométrico, por sua vez, faz uso de métodos matemáticos e estatísticos para investigar e quantificar os processos de comunicação escrita (PAO, 1989). Conforme mencionado anteriormente, esse estudo se baseou em dados obtidos a partir de documentos de patentes depositados e publicados nos principais escritórios patentários do mundo. Esses dados foram quantificados e analisados a partir de métricas de Análise de Redes Sociais (ARS), mais especificamente, com base na construção de redes de citações de patentes e de depositantes de patentes.

Para responder a questão “Quais instituições e categorias de instituições podem ser consideradas como as mais relevantes para o desenvolvimento de tecnologias de perfuração nos setores de mineração e de petróleo e gás?”, foi estabelecido o seguinte objetivo geral, conforme consta no Capítulo 1 – Introdução: “identificar que categorias e quais as instituições que têm se destacado no desenvolvimento de tecnologias de perfuração nos setores de mineração e de petróleo

e gás, considerando-se depósitos de patentes e citações de patentes como indicador de inovação".

As instituições que atuam no setor de Mineração e Extração de Petróleo e Gás foram agrupadas nas seguintes categorias: companhias de óleo e gás; companhias provedoras de serviço de óleo e gás; mineradoras; provedoras de serviço de mineração; universidades ou instituições de pesquisa; companhias de soluções tecnológicas em geral; e outras.

Por sua vez, a identificação das instituições e categorias de instituições que mais têm contribuído para o desenvolvimento de tecnologias de perfuração foi baseada em dados patentários, mais especificamente, depósitos de patentes e citações de patentes. Tais dados foram obtidos a partir dos documentos de pedidos de patente publicados no Derwent World Paten Index (DWPI), no período compreendido entre os anos de 2000 e 2014, que continham os códigos E21B da Classificação internacional de Patente, conforme discriminado no quadro 4, bem como, seus documentos de patente citados.

A metodologia foi composta de duas etapas principais a saber: (i) aquisição e tratamento dos dados; e (ii) construção e análise das redes de citações e de depositantes. O software usado para a construção das redes e cálculo das métricas de ARS foi o Pajek, versão 3.14, disponível para uso não comercial no site http://pajek.imfm.si/.

5.2 Aquisição e tratamento dos dados

Os dados foram coletados por meio do software de busca e análises de patente *Thomson Innovation*, da empresa Thomson Reuters. A busca pelos documentos considerou os campos de ano de publicação e um conjunto de classificações internacionais de patente (*IPC- International Patent Classification*) relacionadas a tecnologias de perfuração e acionamento destas, conforme quadro 4. Não houve restrição de busca quanto a países, empresas, ou mesmo depositantes.

Para efeito deste estudo e como recorte definido pelo autor, foram selecionadas as classificações internacionais referentes a perfuração por percussão, perfuração rotativa, acionamento para perfuração usados no furo de sondagem e acionamento para perfuração com ação rotativa e percussiva combinadas. Todas estas classificações pertencem ao subitem de métodos ou aparelhos para perfuração.

Classificação	Descrição	Classificação	Descrição
E21B 1/00	Perfuração por percussão	E21B 4/00	Acionamento para perfuração utilizados no furo de sondagem
E21B 1/02	·Acionamentos de superfície para martelo mecânico, p. ex. com um cabo	E21B 4/02	·Acionamentos fluidos tipo rotativos (turbinas hidráulicas para perfuração de poços
E21B 1/04	· ·Dispositivos para inverter o movimento da haste ou do cabo na superfície.	E21B 4/04	·Acionamentos elétricos
E21B 1/12	·com um membro de impulsão de movimento alternativo	E21B 4/06	·Meios de impactar o fundo do poço, p. ex. martelos
E21B 1/14	· ·acionado por um mecanismo rotativo	E21B 4/08	· ·o impacto sendo desferido apenas por gravidade, p. ex. com ligação de movimento perdido
E21B 1/16	· · ·com massas de movimento alternativo montado sobre molas, p. ex. com amortecimento a ar.	E21B 4/10	· ·movimento rotativo contínuo unidirecional do eixo ou do tubo de perfuração efetuando impactos consecutivos
E21B 1/18	· · · ·com união elástica do acionamento com a haste por molas amortecedoras duplas.	E21B 4/12	· ·Martelos acionados eletricamente
E21B 1/20	· · ·formados como martelos centrífugos	E21B 4/14	· ·Martelos acionados a fluido
E21B 1/22	· ·acionado por eletroímãs	E21B 4/16	·Acionamentos múltiplos de fundo de poço, p. ex. para percussão combinada e perfuração rotativa (E21B 4/10 tem prioridade); Acionamentos para unidades de perfuração de brocas múltiplas
E21B 1/24	· ·sendo o membro impulsor um pistão acionado diretamente por pressão de fluido	E21B 4/18	·Ancoragem ou avanço no furo de sondagem
E21B 1/26	· · ·por pressão de líquido	E21B 4/20	·Combinada com acionamento superficial
E21B 1/28	· · · ·trabalhando com pulsos		
E21B 1/30	· · ·por ar, vapor ou pressão de gás	E21B 6/00	Acionamentos para perfuração com ação

			rotativa e percussiva combinadas
E21B 1/32	· · · ·trabalhando com pulsos	E21B 6/02	·sendo a rotação contínua
E21B 1/34	· · · · ·sendo o membro impulsor um pistão de um motor de combustão interna	E21B 6/04	· ·Acionamentos separados para percussão e rotação
E21B 1/36	·Transportador de ferramenta tipo pistão, ou seja, no qual a ferramenta é ligada a um membro impulsor **[**	E21B 6/06	·sendo a rotação intermitente, p. ex. obtida por um dispositivo de catraca
E21B 1/38	·Martelo tipo pistão, ou seja, no qual a broca da ferramenta ou bigorna é golpeada por um membro impulsor	E21B 6/08	· ·Acionamentos separados para percussão e rotação
E21B 3/00	Perfuração rotativa		
E21B 3/02	·Acionamentos de superfície para perfuração rotativa		
E21B 3/025	· ·com uma rotação de vai e vem da ferramenta		
E21B 3/03	· ·com uma rotação unidirecional intermitente da ferramenta		
E21B 3/035	· ·com transmissão deslizante ou elástica		
E21B 3/04	· ·Plataformas rotativas		
E21B 3/06	· · ·Adaptação de guinchos rotativos para acionamento de plataformas rotativas (junção ou separação de acoplamentos ou de juntas E21B 19/16; mecanismos para enrolar cordas, cabos ou correntes, cabrestantes		

Quadro 4. Classificações internacionais de patentes de perfuração usadas na busca.

Com os dados recuperados foram construídas duas redes de citações de patente para diferentes unidades de análises, que representam o período de estudo. A primeira rede refere-se a uma rede de citações de patentes, onde os atores são representados por documentos de patente enquanto que as relações entre eles ocorrem por meio da citação de um documento para com o outro. A segunda rede refere-se a uma rede de depositantes de patente, ou seja, os atores (nós da rede) são representados pelas empresas depositantes das patentes e cada relação (arcos da

rede) ocorre quando um depositante, por meio de uma patente citante, cita outro depositante, por meio de sua patente citada.

Por ambas as redes serem redes direcionadas, ou seja, os arcos entre os atores não representam uma relação de reciprocidade, convencionou-se nesta dissertação que o sentido dos arcos se dará a partir da patente citante até a patente citada. Desta forma, cada arco representará o sentido de uma citação e o sentido inverso do fluxo de informação e/ou conhecimento.

A busca em questão considerou apenas o primeiro membro de cada família e retornou um total de 6.739 documentos neste período com um total de 42.739 citações a partir destes. O número de pedidos de patente citados foi de 21.870, sendo que o número de pedidos de patente diferentes totalizou 27.358.

Para a construção da rede de citações de patente e da rede de depositantes foram aplicados alguns critérios restritivos ao conjunto de relações obtidas por meio dos documentos recuperados com o objetivo de estabelecer um recorte a partir do qual fosse possível obter uma amostra que considerasse apenas os atores e as relações de interesse de estudo. As relações em questão compreendem uma unidade composta por dois atores e um arco em que um ator cita o outro.

Foram excluídas da amostra as seguintes relações:

- Relações nas quais um dos documentos de patente tinha como titular uma pessoa física;
- Relações que continham um documento que não citava e nem era citado por nenhum outro documento da rede;
- Relações que continham pelo menos um documento sem depositante;
- Relações em que o documento citado é mais recente que o documento citante.

A exclusão de uma relação não necessariamente representa a exclusão dos atores que a compõe. Se um ator estiver presente em mais de uma relação, este permanecerá na rede, sendo excluído somente se todas as relações a que o ator pertence forem excluídas.

Os documentos que continham pessoas físicas não foram considerados devido a questões relativas à dificuldade de identificação. A quantidade de homônimos presente no estudo provocaria uma distorção nos parâmetros da rede e dificultaria a sua análise.

As relações que continham um documento que não citava e nem era citado por nenhum outro documento da rede não teriam qualquer relevância para a rede e seriam representados apenas como pontos isolados. Por esta razão optou-se por excluí-los do estudo também.

As relações que continham pelo menos um documento sem depositante poderiam ser parte da rede de citações de patente, mas provocariam um descasamento entre esta rede e a rede de depositantes de patente, uma vez que estariam presentes apenas na primeira rede. Por esta razão optou-se por excluí-los do estudo também.

As relações em que o documento citado é mais recente que o documento citante também foram excluídas, dado que se trata de uma situação atípica e não convencional de citação. A princípio, seria impossível esse tipo de ocorrência. No entanto, ela acontece, por vezes, em razão principalmente de aspectos relacionados à família e ao exame do documento. Acrescenta-se que este tipo de relação destruiria o aspecto de aciclicidade, que é característico de uma rede de citações de patentes, o que justifica sua exclusão para efeito desse estudo. A tabela 1 mostra o quantitativo de exclusões de acordo com os critérios estabelecidos.

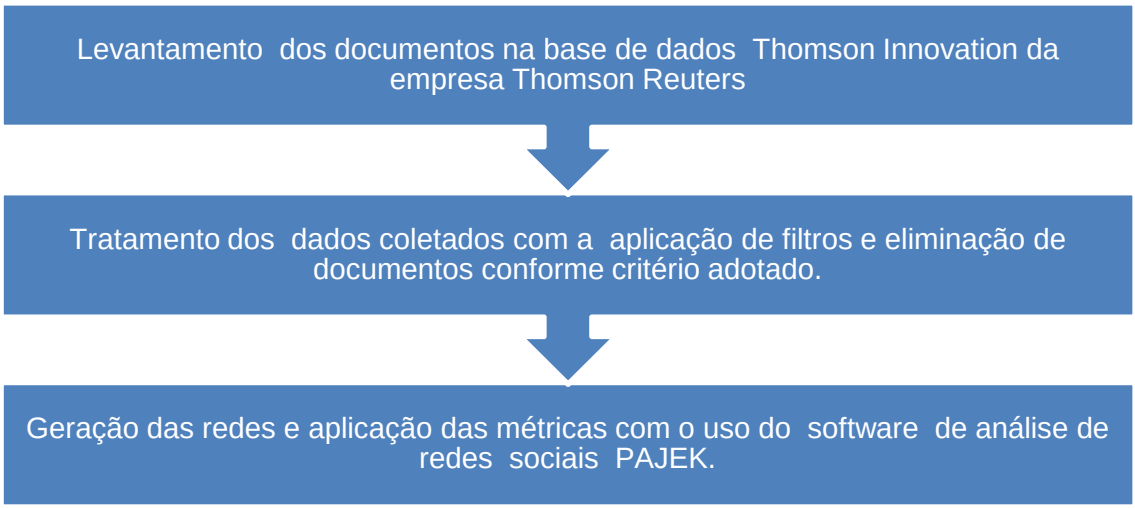
Tabela 1. Relações excluídas do estudo

Razões da exclusão	Nº de exclusões
Relações nas quais um dos documentos de patente tinha como titular uma pessoa física.	14.971
Relações que continham um documento que não citava e nem era citado por nenhum outro documento da rede	3840
Relações que continham pelo menos um documento sem depositante	1121
Relações em que o documento citado é mais recente que o documento citante	3203

Vale ressaltar que as relações discriminadas na tabela 1 não são mutuamente excludentes. Efetivamente, existiram diversos casos em que as relações apresentaram mais de uma razão para serem excluídas. No total, o número de relações excluídas foi de 21.627 ante 23.135, que representa a soma dos números da tabela1.

Desta forma, a rede de citações de patentes contou com um total de 21.112 arcos, construídos a partir de um total de 13.928 documentos de patente diferentes. Os nomes dos depositante de cada um desses 13.928 documentos foi normalizado por meio do software *open refine* e por análise criteriosa do autor desta dissertação.

Na rede de depositantes de patente, foram obtidos 3.725 atores diferentes, a partir dos quais se construiu uma rede com 21.112 arcos, do mesmo modo que na rede de citações de patentes. O quadros 5 apresenta um resumo da metodologia de aquisição e tratamento de dados usada neste trabalho para construção das redes.



Quadro 5 - Quadro resumo da metodologia usada no trabalho em questão

5.3 Análise das redes

As redes foram construídas e analisadas por meio do software de análise de redes sociais *Pajek,* versão 3.14, obtido a partir do endereço http://pajek.imfm.si/. As considerações derivadas da teoria de redes justificam a aplicação de métodos computacionais para a construção de redes de citação. Essas redes, normalmente de difícil visualização, permitem obter dados sobre número de patentes retornadas e citações diretas e indiretas, densidade, indicadores médios de centralidade, além de indicadores que podem revelar propriedades estruturais das patentes (BARBASI, 2003). As redes aqui analisadas são compostas por vértices ou nós, que são ocupados por documentos de patentes, no caso da rede de citações de patente e por depositantes destes no caso da rede de depositantes de patentes. Os arcos representam a ocorrência da citação de uma patente ou depositante por outro no corpo da patente citante. A estrutura das redes é relevante uma vez que gera indicadores de densidade, de caminhos baseados em distâncias geodésicas e

medidas de centralidade, que são de fundamental importância para estabelecer as características das redes e suas relações.

Em um primeiro momento foram analisadas as características estruturais e topológicas de cada uma das redes com o uso de índices estatísticos, sendo que os resultados foram comparados com uma rede randômica (rede aleatória) de mesmo parâmetro para cada uma das redes objeto de análise deste estudo. A análise estrutural e topológica considerou os seguintes parâmetros:

- Número de nós e de links: quantidade de atores e de arcos presentes na rede;
- Densidade da rede: conforme definição de Mvar e Batagelj (2011), a densidade de uma rede corresponde ao número de arcos desta rede expressa como uma proporção do número máximo possível de arcos para uma rede com o mesmo numero de atores;
- Grau médio: indica o número médio de relações que um dado nó tem para com os outros nós (MVAR E BATAGELJ, 2011). Este parâmetro é calculado a partir da soma de todos os graus dos nós dividido pelo número de nós da rede;
- Número de componentes: Uma componente, segundo Mvar e Batagelj (2011), é uma sub rede maximamente conectada. Pode ser entendida como uma sub rede dentro da rede, desconectada de todas as outras componentes . Observa-se que quanto maior o número de componentes em uma rede, menos densa esta será.

Em seguida foram calculados parâmetros relacionados aos atores e relações tanto da rede de citações quanto da rede de depositantes de patente. O primeiro indicador calculado, e comum em estudos bibliométricos que envolvem documentos de patente, foi o número de pedidos por cada depositante. Este parâmetro foi calculado para os 20 maiores depositantes.

Para a rede de citações de patente, por ser acíclica, o primeiro parâmetro calculado foi a centralidade de grau de entrada *(input)* e, em seguida, o peso transversal de cada documento de patente. Como já dito, de acordo com Mrvar e Batagelj (2011), o peso transversal de um determinado documento em uma rede de citações, como é o caso da presente dissertação, pode ser entendido como a extensão por meio da qual um determinado documento é necessário para estabelecer uma ligação entre os demais documentos. A partir do entendimento de que uma rede de citações de patente compreende um sistema de canais por meio do qual se transporta conhecimento ou informações, fica clara a visão de que um ator que integra informações de diversos outros atores prévios e adiciona novos conhecimentos e/ou

informações receberá diversas outras citações e tornará as citações para artigos prévios mais ou menos redundante. Como consequência, este estará na junção de um conjunto importante de canais da rede, sendo que, por este ator, passará um considerável fluxo de conhecimento (MRVAR e BATAGELJ, 2011).

Por meio do cálculo dos pesos transversais estabeleceu-se o caminho principal, que, como já descrito, pode ser entendido como um caminho composto por atores que são necessários em caminhos que interligam diversos outros atores (MRVAR e BATAGELJ, 2011). O quadros 6 apresenta as métricas calculadas para a rede de citações de patente.

Métrica	Breve descrição
Maior Citante	Depositante da rede que mais citou outros depositantes.
Maior Citado	Depositante da rede que mais foi citado por outros depositantes
Densidade da rede	Proporção entre o número de arcos da rede e o número possível de arcos.
Grau médio da rede	Número médio de relações que um dado nó tem para com os outros nós.
Nº de componentes da rede	Uma componente é uma sub rede maximamente conectada
Depositante da patente com a maior centralidade de Grau	Número de linhas incidentes a este depositante.
Patente com o maior peso transversal	Índice que mede a conectividade de um nó ou laço no âmbito da rede

Quadro 6 - Quadro resumo das métricas de análise das rede de citações de patente

Para a rede de depositantes de patentes foram calculados os seguintes parâmetros a saber:

- Centralidade de Grau.
- Análise *Hub x Authorities*
- Proximidade de prestígio

Como também já dito anteriormente, a centralidade de grau de um vértice corresponde ao próprio grau deste vértice, ou seja, o número de linhas incidentes a este. Em uma rede direcionada, como é o caso da rede de depositantes de patente, a centralidade de grau pode ser classificada como: centralidade de input, correspondente ao número de arcos que chegam a um determinado ator; centralidade de output, que corresponde ao número de arcos que deixa um determinado ator; e centralidade classificada como *all,* que enxerga os arcos como

arestas, não havendo distinção entre estes (SOCIAL NETWORKS ANALYSIS, THEORY AND APPLICATIONS, 2011). Para o caso específico desta rede, foi considerada apenas a centralidade de grau classificada como *all,* uma vez que a análise dos graus de input e output encontra correspondência com a análise *Hub x Authority* também realizada nesta dissertação.

A análise *Hub X Authority* considera a centralidade de proximidade de um vértice *(closeness)* como um índice representante do grau no qual um nó é posicionado no centro da rede (CHOE H. et al. 2013). Um vértice é um bom Hub se este apontar para muitos vértices autoridade; e é uma boa autoridade de for apontado por muitos vértices Hub (MRVAR e BATAGELJ, 2011). Desta forma, é possível determinar as métricas de *hub e authority* por meio do cálculo da centralidade de proximidade. Esta centralidade baseia-se na distância total entre um determinado vértice e todos os outros vértices (CHOE et al., 2013).

Como já dito, em uma rede direcionada, o prestígio ou popularidade de um determinado ator está relacionado ao número de arcos que este recebe. A proximidade de prestígio é uma das métricas para medir o prestígio, e é calculada dividindo-se a proporção de todos os vértices no seu domínio de input (exceto o próprio) pela distância média de todos estes vértices. O domínio de input de um determinado vértice corresponde ao número ou percentual de todos os outros vértices que estão conectados por algum caminho ao vértice em questão (MVAR e BATAGELJ, 2011). O quadro 7apresenta as métricas calculadas para a rede de depositantes de patentes.

Métrica	Breve descrição
Densidade da rede	Proporção entre o número de arcos da rede e o número possível de arcos.
Grau médio da rede	Número médio de relações que um dado nó tem para com os outros nós.
Nº de componentes da rede	Nº de componentes da rede
Depositante com a maior centralidade de grau	Número de linhas incidentes a este depositante.
Depositante com a maior proximidade de prestígio	Métrica que calcula popularidade considerando o domínio de input de um vértice
HUB	Métrica que mede o quanto um vétrice cita autoridades
Autoridade	Métrica que mede o quanto um vértice é citado por Hubs.

Quadro7 - Quadro resumo das métricas de análise da rede de depositantes de patentes

CAPÍTULO 6: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme mencionado em capítulo anterior, a rede de citações de patente foi composta por 13.928 vértices e por 20.915 arcos. É uma rede acíclica e com características temporais uma vez que, como característica intrínseca de uma rede de citações, funciona como um canal por onde o conhecimento flui e é aperfeiçoado ao longo do tempo. A tabela 2 e o gráfico 5 apresentam os 20 maiores depositantes da rede de citações. É possível perceber uma predominância de provedoras de serviço de óleo e gás dentre as categorias de instituições com maior quantidade de depósitos de patentes.

Tabela 2: Número de depósitos de patente dos 20 maiores depositantes

Ordem	Depositante	Nº de depósitos	Ordem	Depositante	Nº de depósitos
1º	BAKER HUGHES INC	819	11º	INGERSOLL RAND CO	115
2º	SCHLUMBERGER HOLDINGS	585	12º	PRAD RES & DEV CO LTD	111
3º	HALLIBURTON CO	559	13º	HITACHI LTD	108
4º	WEATHERFORD INT INC	530	14º	DRESSER INC	105
5º	SMITH INTERNATIONAL INC	357	15º	CDX GAS INC	89
6º	ATLAS COPCO	266	16º	BOSCH & CO ROBERT	88
7º	SANDVIK GMBH	232	17º	HILTI AG	83
8º	SHELL OIL CO	212	18º	NAT OILWELL VARCO LP	81
9º	CAMCO INT INC	160	19º	VARCO INC	80
10º	BLACK & DECKER CORP	151	20º	MITSUBISHI CORP	72

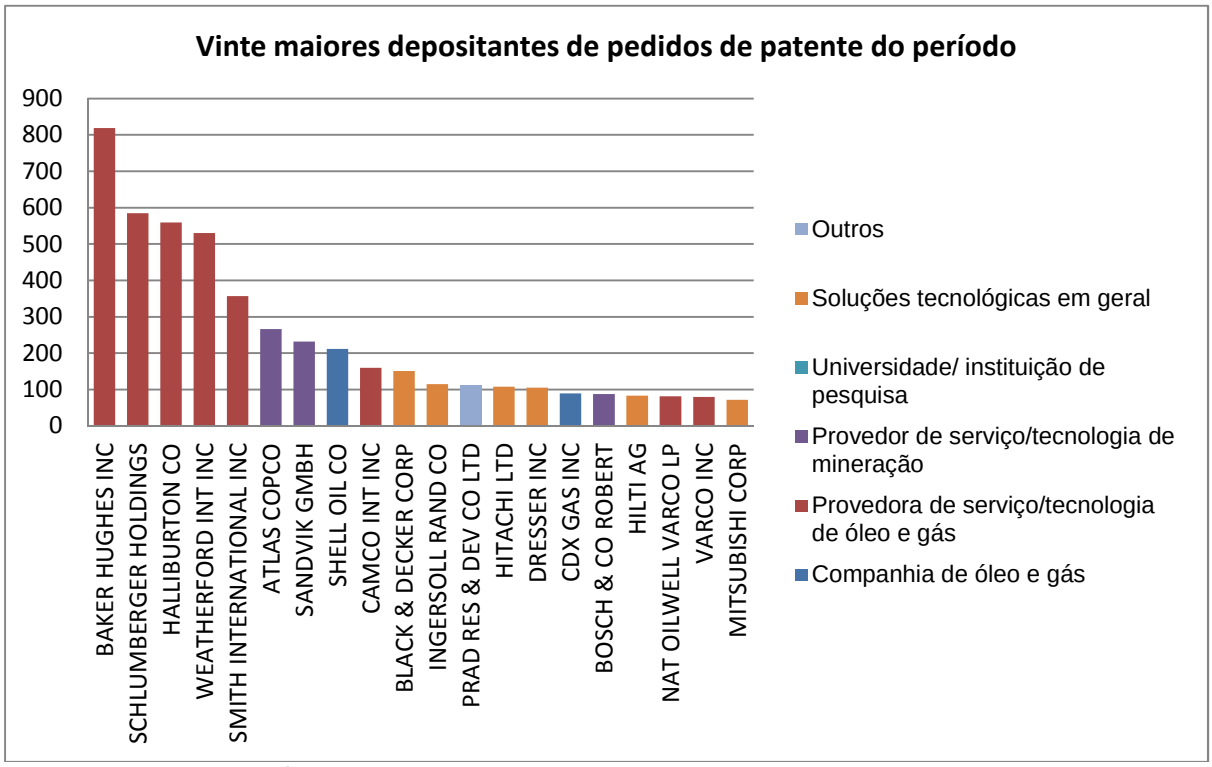


Gráfico 5. Os 20 Maiores depositantes de patente

A tabela 3, apresenta, para os dados usados nesta rede, os maiores depositantes tanto para os documentos citantes quanto para os documentos citados.

Tabela 3. Os 20 maiores depositantes da rede: citantes e citados

Citantes		**Citados**	
Nº documentos	Depositante	Nº documentos	Depositante
112	ATLAS COPCO	741	BAKER HUGHES INC
95	SCHLUMBERGER HOLDINGS	520	SCHLUMBERGER HOLDINGS
88	BAKER HUGHES INC	489	WEATHERFORD INT INC
87	HALLIBURTON CO	484	HALLIBURTON CO
85	SANDVIK GMBH	330	SMITH INTERNATIONAL INC
69	WEATHERFORD INT INC	194	SHELL OIL CO
63	PRAD RES & DEV CO LTD	183	ATLAS COPCO
45	NAT OILWELL VARCO LP	173	SANDVIK GMBH
40	SMITH INTERNATIONAL INC	157	CAMCO INT INC
28	BAUER MASCH GMBH	133	BLACK & DECKER CORP
28	BEIJING SANY HEAVY MACHINE CO LTD	113	INGERSOLL RAND CO
24	SHELL OIL CO	104	DRESSER INC
20	US SYNTHETIC CORP	99	HITACHI LTD
20	HILTI AG	88	CDX GAS INC
19	BLACK & DECKER CORP	77	BOSCH & CO ROBERT
18	LONGYEAR CO	72	VARCO INC
14	VARCO INC	64	HILTI AG
13	NIPPON SHARYO SEIZO KAISHA LTD	64	MITSUBISHI CORP
13	UNIV SOUTHWEST PETROLEUM	62	EXXON PRODN RES CO
12	MAKITA CORP	62	HYDRIL CORP

A figura 2 representa a rede de citações de patente. Embora a análise visual não favoreça a obtenção de conclusões a respeito da rede, esta se faz importante, pois auxilia na compreensão e no entendimento da complexidade destas construções, bem como de suas características.

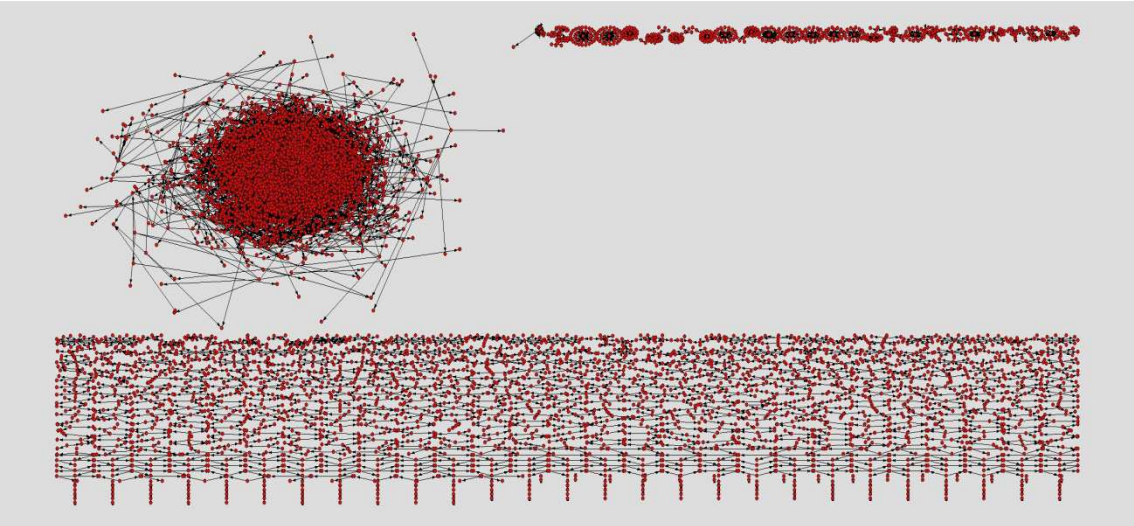


Figura 2. Rede de citações de patentes objeto desta dissertação.

Em um primeiro momento, para a rede de citações foi calculada a centralidade de grau de entrada (*input*). Isto representa, para cada documento de patente, o número de citações recebidas de atores desta rede. Os resultados são apresentados no gráfico 6, em conjunto com a tabela 5. O gráfico 6 apresenta apenas o depositante do documentos de patente, e não o número do documento em si, sendo este apresentado apenas na tabela 5.

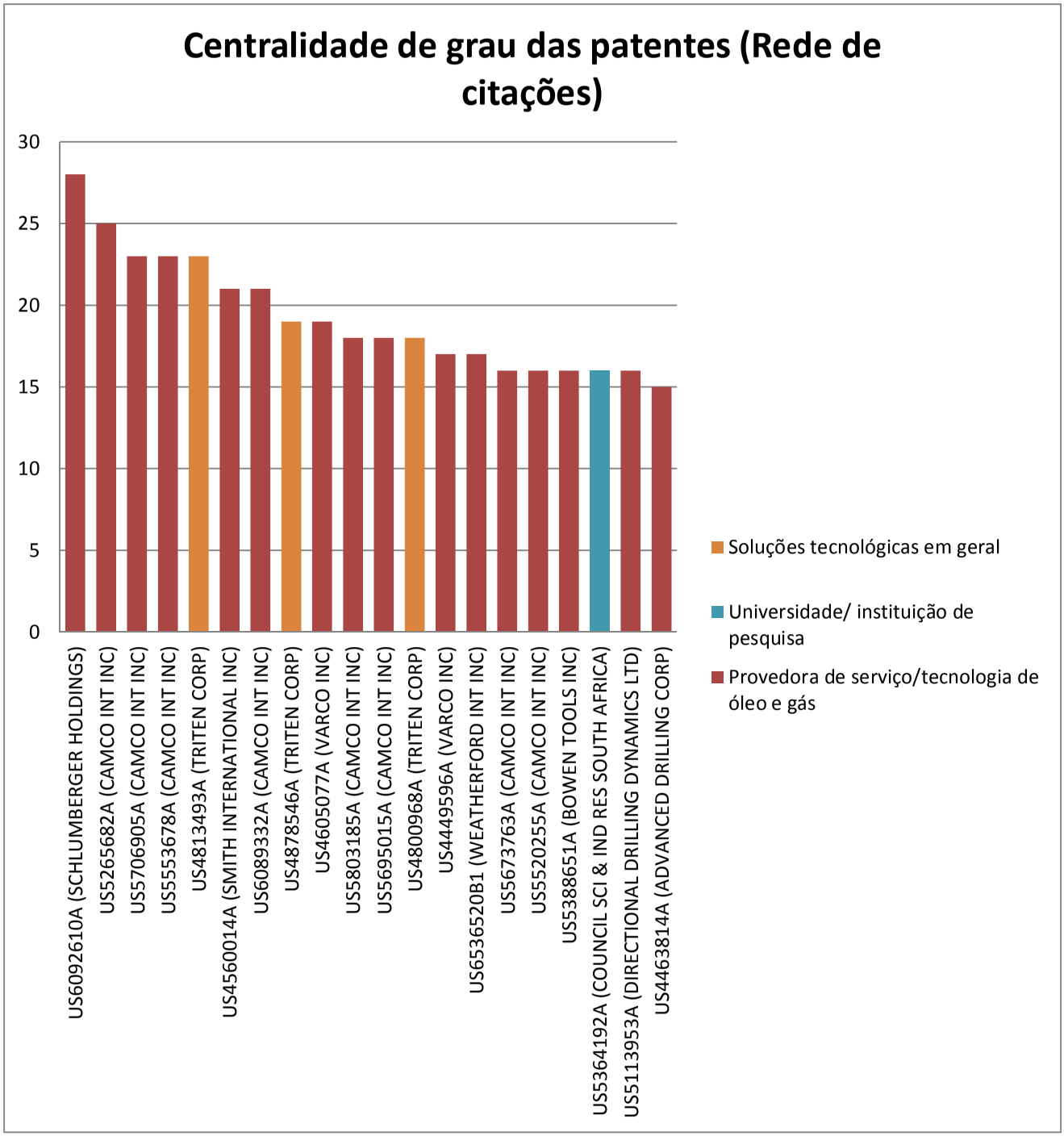


Gráfico 6. Os 20 maiores graus de entrada dos documentos de patente da rede de citações de patente

Tabela 4. Documentos de patente com os 20 maiores graus de entrada e seus depositantes

Ranking	Valor	Patente	Depositante
1	28	US6092610A	SCHLUMBERGER HOLDINGS
2	25	US5265682A	CAMCO INT INC
3	23	US5706905A	CAMCO INT INC
4	23	US5553678A	CAMCO INT INC
5	23	US4813493A	TRITEN CORP
6	21	US4560014A	SMITH INTERNATIONAL INC
7	21	US6089332A	CAMCO INT INC
8	19	US4878546A	TRITEN CORP
9	19	US4605077A	VARCO INC
10	18	US5803185A	CAMCO INT INC
11	18	US5695015A	CAMCO INT INC
12	18	US4800968A	TRITEN CORP
13	17	US4449596A	VARCO INC
14	17	US6536520B1	WEATHERFORD INT INC
15	16	US5673763A	CAMCO INT INC
16	16	US5520255A	CAMCO INT INC
17	16	US5388651A	BOWEN TOOLS INC
18	16	US5364192A	COUNCIL SCI & IND RES SOUTH AFRICA
19	16	US5113953A	DIRECTIONAL DRILLING DYNAMICS LTD
20	15	US4463814A	ADVANCED DRILLING CORP

Dentre os vinte documentos de patente com o maior grau de entrada, verifica-se que dezesseis são de titularidade de companhias provedoras de serviço de óleo e gás. A companhia Schlumberger Holdings é a que detém o documento de patente com o maior grau de entrada, enquanto que a companhia Camco Int. Inc. detém 8 documentos entre os vinte mais citados nesta rede. Este gráfico indica que as companhias provedoras de serviço de óleo e gás são as mais citadas em desenvolvimento de novas tecnologias. Entretanto, isto não significa que os documentos pertencentes a estas companhias detenham o maior peso para a rede em termos de citações de patente.

Para avaliar o peso de cada documento de patente em termos de citação nesta rede, foi calculado também o peso transversal de cada um dos seus vértices, bem como, foi traçado o caminho principal, que contou com 16 vértices. O gráfico 7, com os depositantes dos 20 documentos de patente com o maior peso transversal, apresenta o ranking quanto a este critério. Também foi elaborada a tabela 6 que relaciona o documento de patente de titularidade de cada uma das companhias com seu respectivo peso transversal para a rede.

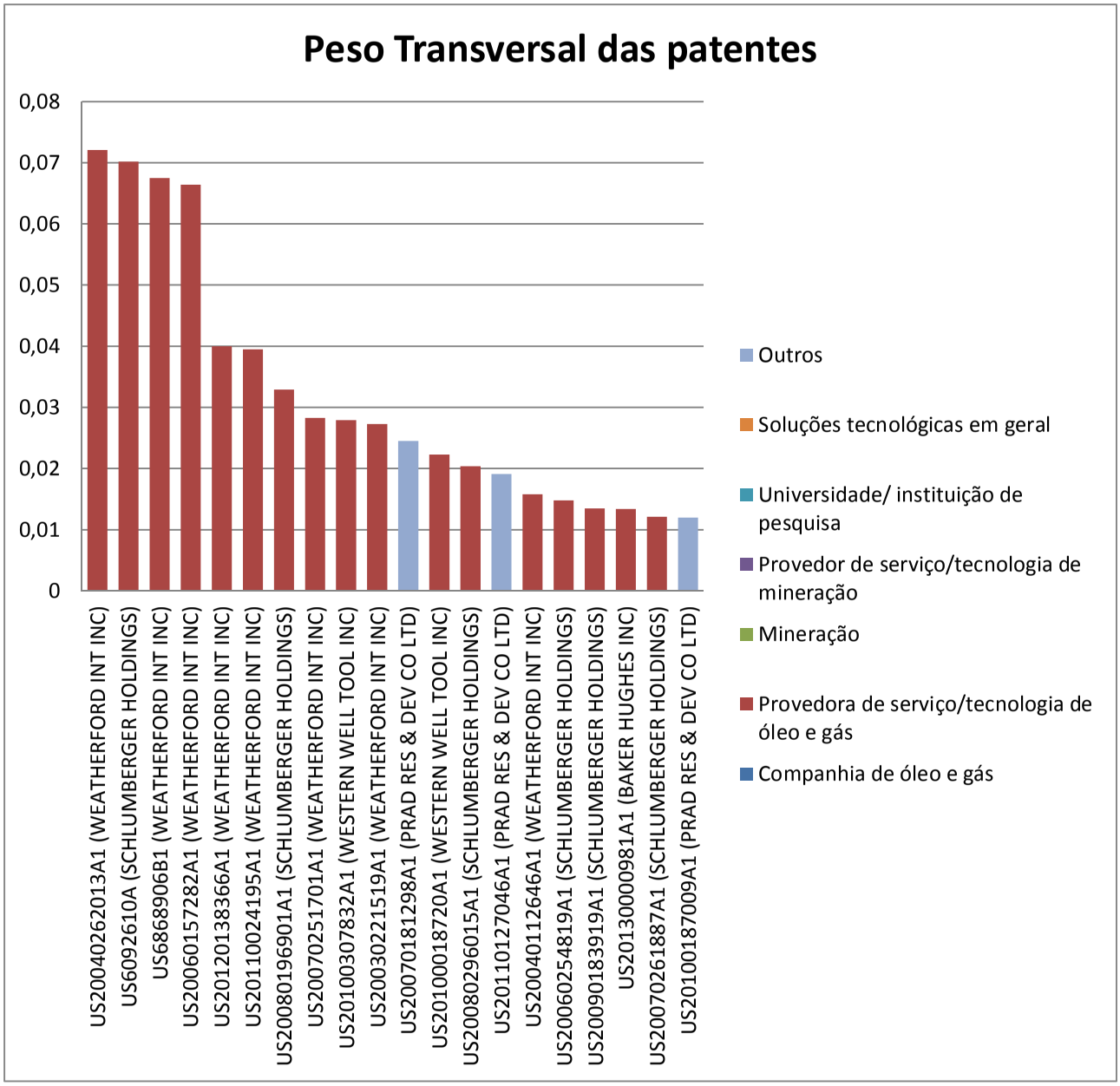


Gráfico 7. Os 20 maiores pesos transversais dos documentos da rede de citações de patente.

Tabela 5. Patentes com os 20 maiores pesos transversais e seus depositantes

Ranking	Valor	Patente	Depositante
1	0,0721	US20040262013A1	WEATHERFORD INT INC
2	0,0702	US6092610A	SCHLUMBERGER HOLDINGS
3	0,0675	US6868906B1	WEATHERFORD INT INC
4	0,0664	US20060157282A1	WEATHERFORD INT INC
5	0,04	US20120138366A1	WEATHERFORD INT INC
6	0,0395	US20110024195A1	WEATHERFORD INT INC
7	0,0329	US20080196901A1	SCHLUMBERGER HOLDINGS
8	0,0283	US20070251701A1	WEATHERFORD INT INC
9	0,0279	US20100307832A1	WESTERN WELL TOOL INC
10	0,0273	US20030221519A1	WEATHERFORD INT INC
11	0,0245	US20070181298A1	PRAD RES & DEV CO LTD
12	0,0223	US20100018720A1	WESTERN WELL TOOL INC
13	0,0204	US20080296015A1	SCHLUMBERGER HOLDINGS
14	0,0191	US20110127046A1	PRAD RES & DEV CO LTD
15	0,0158	US20040112646A1	WEATHERFORD INT INC
16	0,0148	US20060254819A1	SCHLUMBERGER HOLDINGS
17	0,0135	US20090183919A1	SCHLUMBERGER HOLDINGS
18	0,0134	US20130000981A1	BAKER HUGHES INC
19	0,0121	US20070261887A1	SCHLUMBERGER HOLDINGS
20	0,012	US20100187009A1	PRAD RES & DEV CO LTD

Analisando o gráfico 6 e a tabela 6, verifica-se que dentre os 20 documentos com maior peso transversal, 17 são de titularidade de companhias classificadas como provedoras de serviço/tecnologia para a indústria de óleo e gás, sendo a Wheatherford Int. Inc. uma companhia de destaque nesse cenário, dado que embora seja titular do documento de patente com o maior peso transversal, ela é também titular de um total de oito dos vinte documentos listados acima.

A companhia Schlumberger Holdings também pode ser considerada uma companhia de destaque nesta rede, pois é titular do documento de patente com o segundo maior peso transversal, além de que é titular de outros cinco documentos dentre os vinte listados.

A figura 3 apresenta o caminho principal desta rede de citações. Este caminho conta com dezesseis vértices, conforme a figura, e representa o conjunto de atores importantes para ligar outros caminhos da rede, conforme mencionado antes. O quadro 5 lista os documentos do caminho principal com suas companhias depositantes.

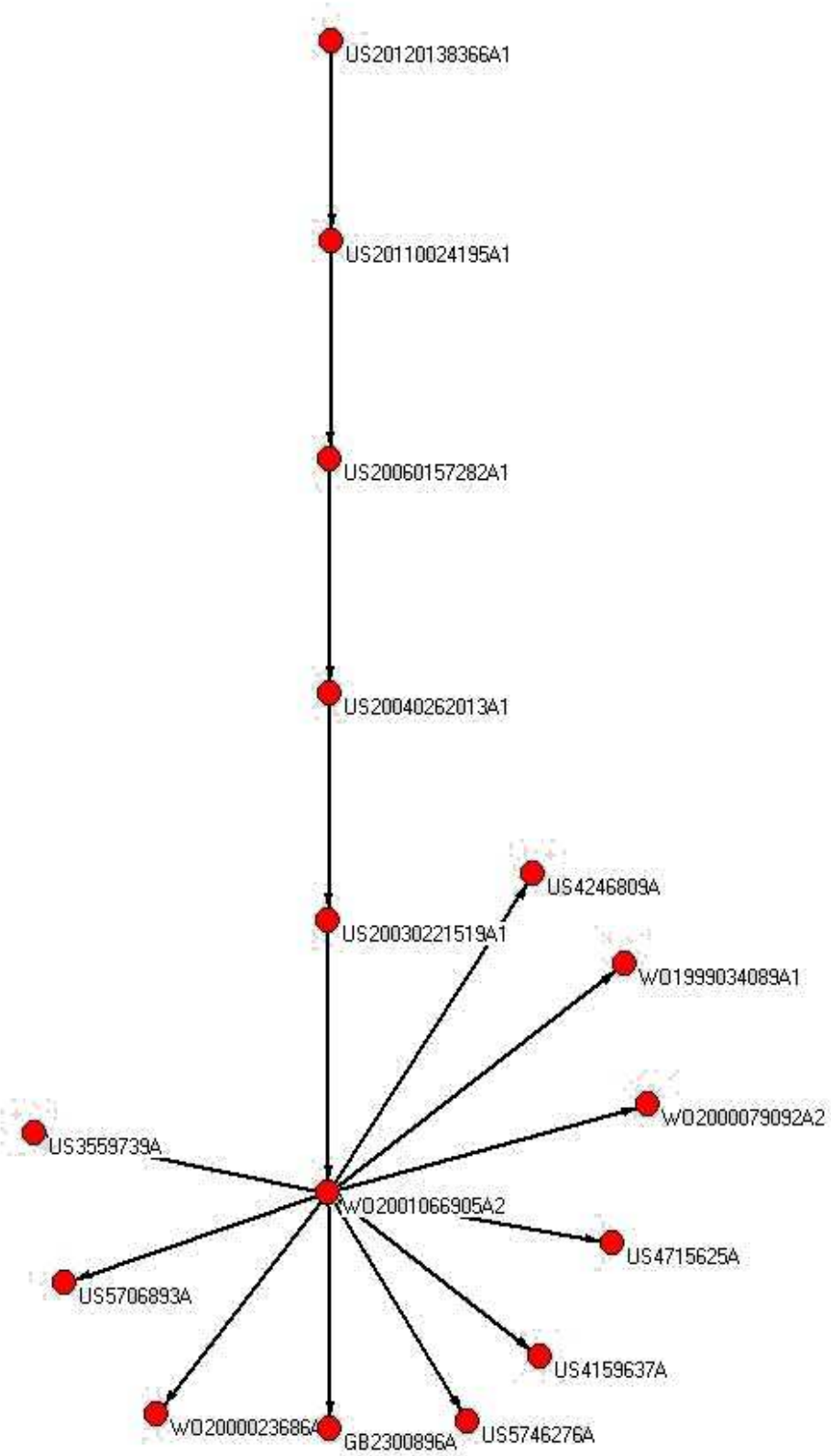


Figura 3. Caminho principal

Doc. de patente	Depositante	Tipo
US20120138366A1	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US20110024195A1	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US20060157282A1	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US20040262013A1	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US20030221519A1	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
WO2001066905A2	WEATHERFORD INT INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US3559739A	CHEVRON CORP	Companhia de óleo e gás
US5706893A	FMC CORP	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
WO2000023686A1	SHELL OIL CO	Companhia de óleo e gás
GB2300896A	HOPKINSONS LTD	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US5746276A	ECKEL MFG CO INC	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
US4159637A	BAYLOR COLLEGE MEDICINE	Outros
US4715625A	PREMIERE CASING SER	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás
WO2000079092A2	SHELL OIL CO	Companhia de óleo e gás
WO1999034089A1	SHELL OIL CO	Companhia de óleo e gás
US4246809A	WORLD WIDE OIL TOOL	Provedora de serviço/tecnologia de óleo e gás

Quadro 8. Documentos que compõem o caminho principal

Avaliando-se o quadro 8, é possível verificar que, dentre os 16 documentos de patente que compõem o caminho principal, 11 são de titularidade de companhias provedoras de serviço/tecnologia de óleo e gás, com destaque para a companhia Weatherford, que é titular de 6 documentos dentre os 16. Este caminho principal também é composto por companhias de óleo e gás, como a Chevron e a Shell.

A partir das análises da rede de citações de patente que se fez até aqui, de acordo com as premissas adotadas, conclui-se que as companhias provedoras de serviço/tecnologia representam um papel fundamental na construção e desenvolvimento de tecnologias nas áreas tecnológicas em que este trabalho se baseia, uma vez que estas companhias estão representadas em todas as análises realizadas até o momento.

A seguir serão apresentadas as análises relativas à rede de depositantes de patente, doravante referenciada como rede de depositantes. Uma rede na qual se desconsiderou o documento de patente em si, sendo que cada depositante representa um ator da rede, enquanto que cada citação de um depositante para outro representa um arco desta mesma rede.

A figura 4 representa a rede de depositantes de patente. Embora também não favoreça a compreensão de seus atributos e suas características, entende-se que sua

visualização seja importante, pois também auxilia no entendimento de sua complexidade.

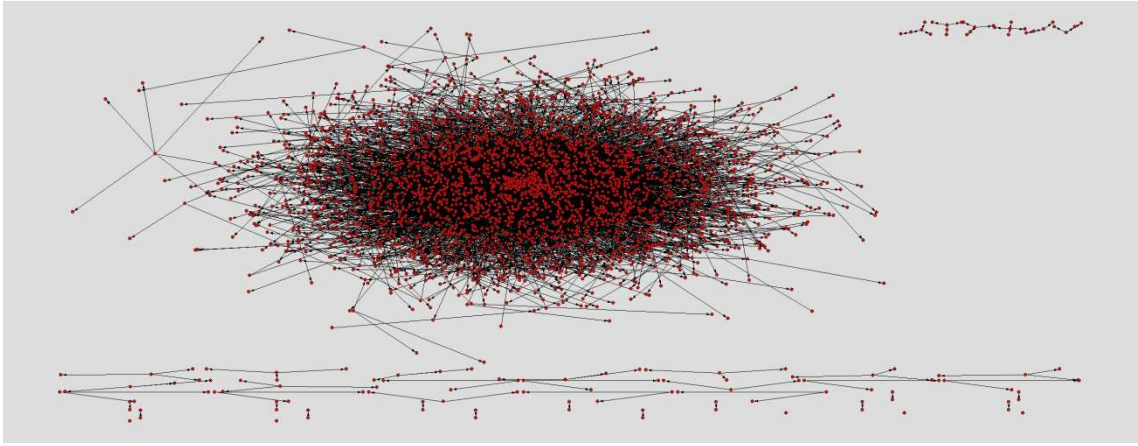


Figura 4. Rede de depositantes de patentes

A rede de depositantes em questão é composta por 3.724 vértices e 20.915 arcos. O número de vértices da rede de depositantes é inferior ao da rede de citações de patente, uma vez que é comum um mesmo depositante ser titular de mais de uma patente desta rede. Entretanto, o número de arcos permanece inalterado, uma vez que, da mesma maneira que na rede de citações de patentes, cada arco representa uma citação.

Para a referida rede também não foi construída nenhuma ilustração, uma vez que esta não favoreceria a compreensão de suas características e atributos devido à grande quantidade de vértices e arcos presentes. A rede de depositantes, embora não seja acíclica, é direcionada, ou seja, cada arco não indica reciprocidade entre os atores. Em um primeiro momento, para a rede de depositantes, foi calculada a centralidade de grau geral, ou seja, considerando arcos como arestas, sem levar em consideração o seu sentido. O resultado é apresentado no gráfico 8.

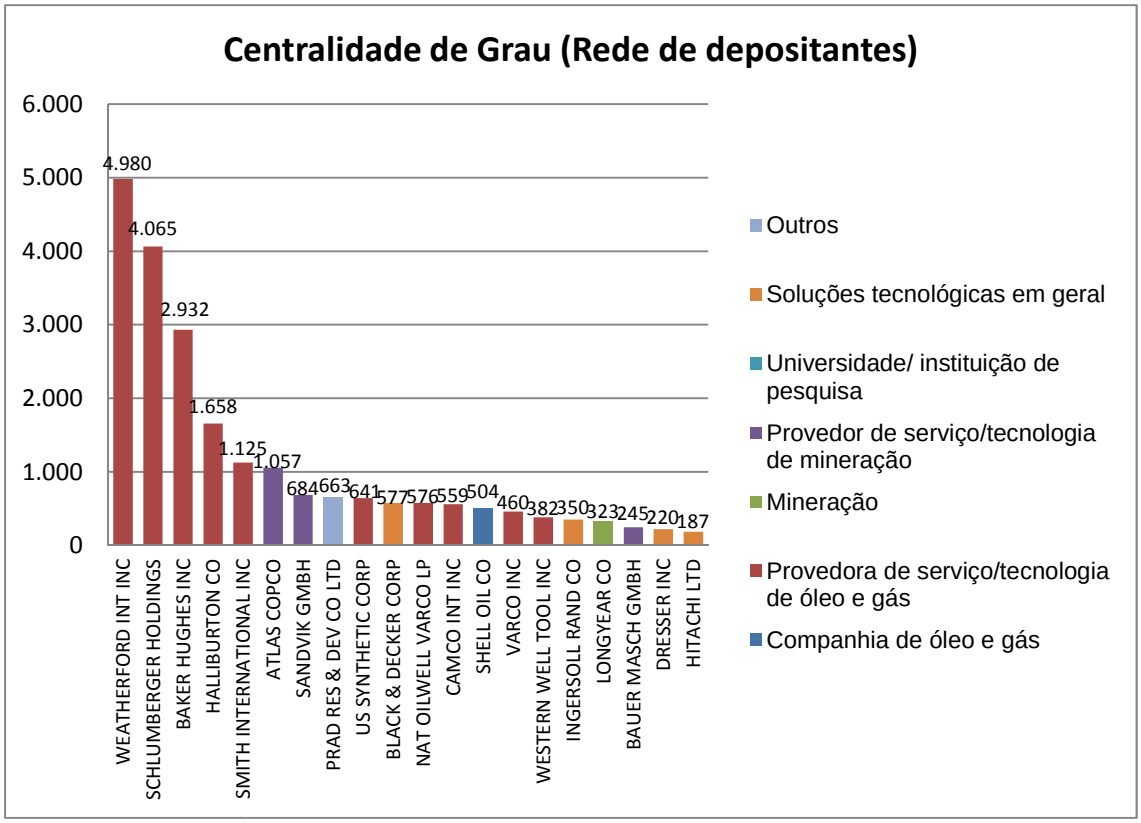


Gráfico 8. Centralidade de grau da rede de depositantes

Avaliando-se o gráfico 8, é possível verificar que dentre os 20 atores com maior centralidade de grau, 10 são companhias provedoras de serviço/tecnologia para a área do petróleo e gás, sendo que este tipo de companhia compreende também as 5 primeiras, com a maior centralidade de grau. Novamente como destaque é possível citar a empresa Wheatherford Int. Inc. e a companhia Schlumberger, que são, respectivamente, a primeira e a segunda com o maior grau. Também é possivel perceber a presença, entre as 20 maiores de empresas provedoras de serviço e tecnologia para a área de mineração, uma companhia de óleo e gás e uma mineradora. Entretanto, isso não significa, necessariamente, que as companhias posicionadas nas primeiras posições do gráfico sejam as mais influentes. A influência de cada uma destas companhias para a presente rede está diretamente ligada ao tamanho do seu domínio de input e à distância média de cada ator para com os demais atores em seu domínio, sendo mais bem representada pela métrica que é apresentada no gráfico 9, a proximidade de prestígio.

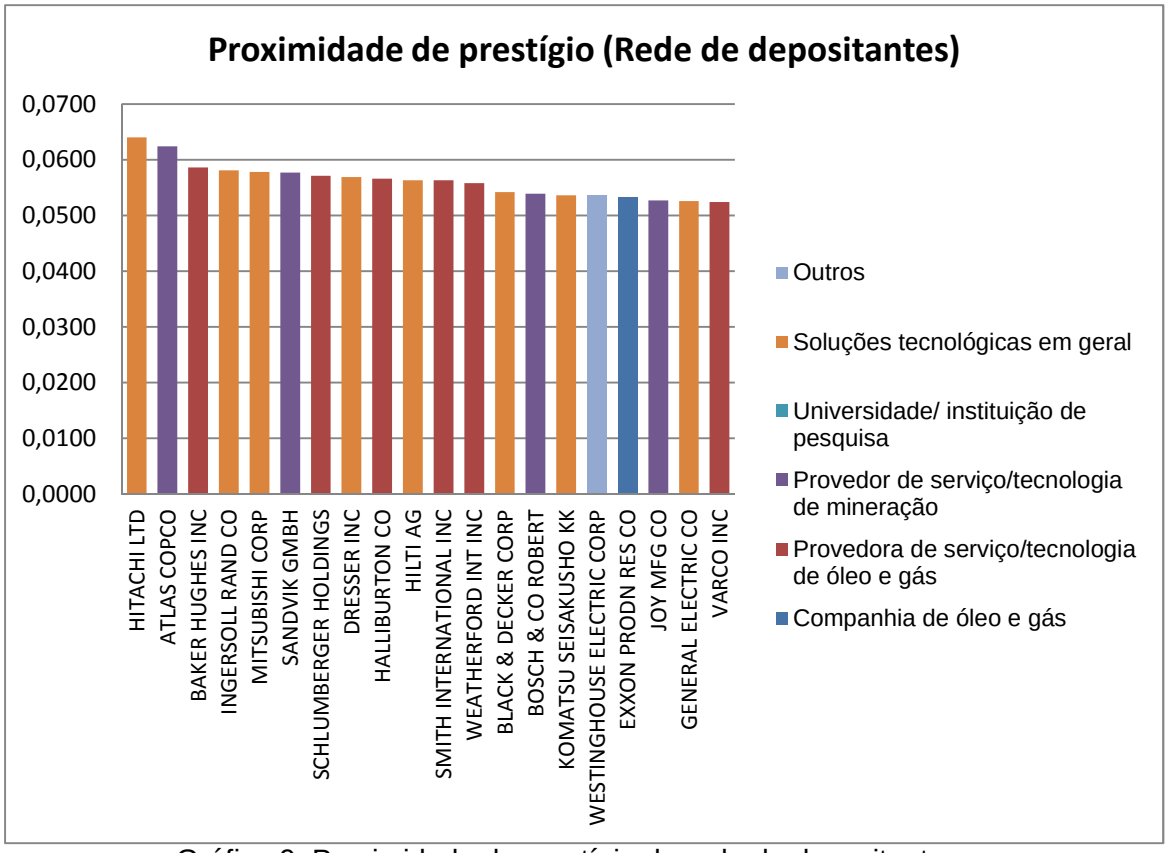


Gráfico 9. Proximidade de prestígio da rede de depositantes

O Gráfico 9 mostra um panorama diferente dos outros gráficos até aqui apresentados. A empresa com a maior proximidade de prestígio é a empresa HITACHI LTDA, classificada como uma empresa de soluções tecnológicas em geral, e é seguida da empresa Atlas Copco, classificada como uma provedora de serviço/tecnologia para mineração. No geral, dentre as 20 empresas apresentadas no nesse gráfico, 8 são classificadas como companhias de soluções tecnológicas em geral, enquanto que as provedoras de serviço/tecnologia de óleo e gás são 6. Também está presente, entre as 20 primeiras do ranking de proximidade de prestígio, uma companhia de óleo e gás: a Exxon Prodn Res Co. Este gráfico diferencia-se dos demais também pelo equilíbrio entre as companhias na métrica de proximidade de prestígio. Isso indica que cada uma dessas empresas tem uma influência proporcional semelhante em seus domínios de input.

Conforme já dito anteriormente, a proximidade de prestígio é calculada dividindo-se a proporção de todos os vértices no seu domínio de input (exceto o próprio) pela distância média de todos estes vértices. O domínio de input de um determinado vértice corresponde ao número ou percentual de todos os outros vértices que estão conectados por algum caminho ao vértice em questão. Como a referida rede é composta por 44 componentes, isso pode indicar a existência de subgrupos de

influência com relação ao tipo de tecnologia, informação e conhecimento que trafega por aqueles canais.

Outra métrica observada nesta dissertação foi a análise Hub e Autoridade. Como pode ser visualizado no gráfico 10, a empresa Wheatherford é considerada o Hub mais importante, seguido pela empresa Schlumberger. Vale ressaltar que dentre as 20 companhias listadas, 13 são provedoras de serviço/tecnologia de óleo e gás. A leitura que se pode fazer e a conclusão a que se pode chegar, é que tais empresas são aquelas que, considerando também as citações indiretas, se apropriam das informações advindas da rede para seu desenvolvimento tecnológico.

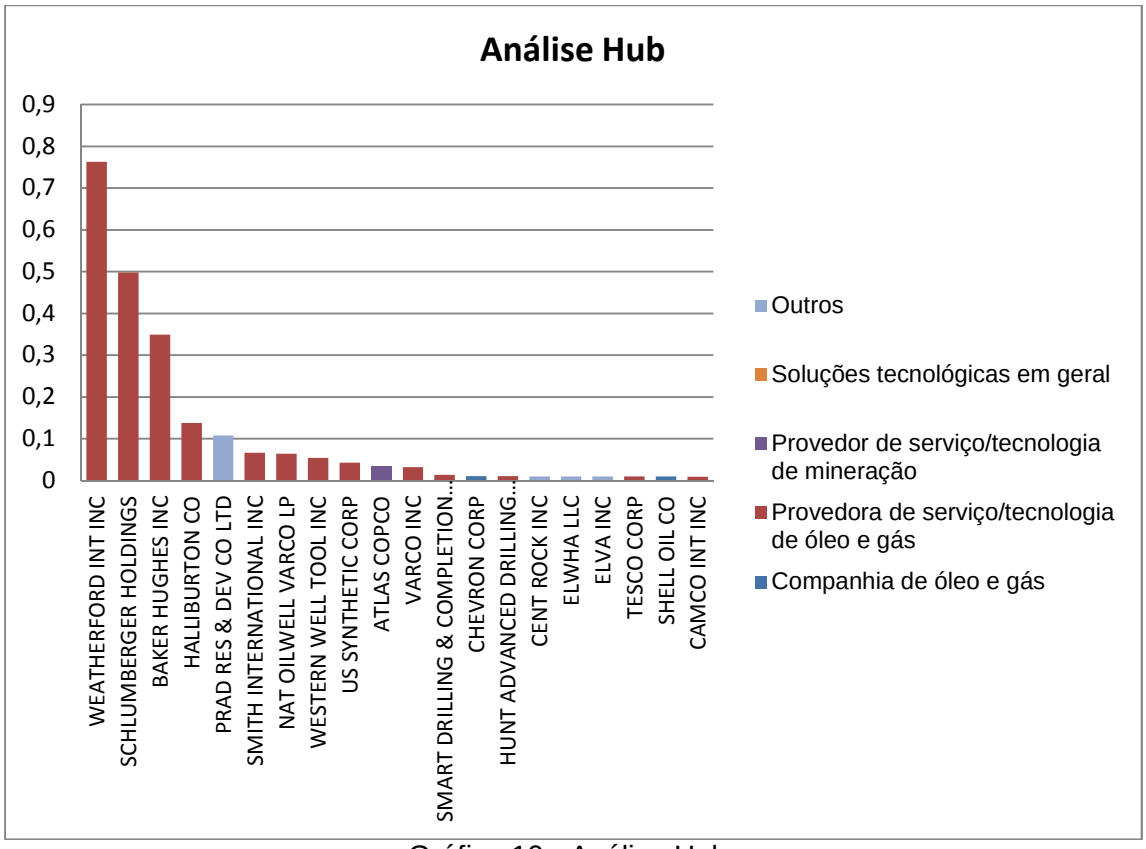


Gráfico 10 - Análise Hub

Este gráfico demonstra também que, quanto a esta métrica, as empresas provedoras de serviço de óleo e gás apresentam diferença substancial em vista das demais, que, neste caso, poderiam ser consideradas como Hubs menos importantes na rede.

A análise seguinte foi referente à métrica de autoridade. Nesta métrica, da mesma forma que a análise de Hub, fica clara uma predominância das companhias

provedoras de serviço/tecnologia de óleo e gás em detrimento das outras companhias. O gráfico 11 indica que as seis companhias provedoras de serviço com maior índice, a saber: Wheatherford, Baker Hughes, Schlumberger, Halliburton, Smith International e Camco são autoridades centrais, sendo que dentre as 20 companhias que apresentaram o maior índice, 11 são de serviço/tecnologia de óleo e gás. Verifica-se, também neste gráfico, a existência de 4 companhias de óleo e gás, a saber: Shell, Atlantic Richfield, Exxon e Conoco, as quais, entretanto, apresentam um índice mais discreto que as demais.

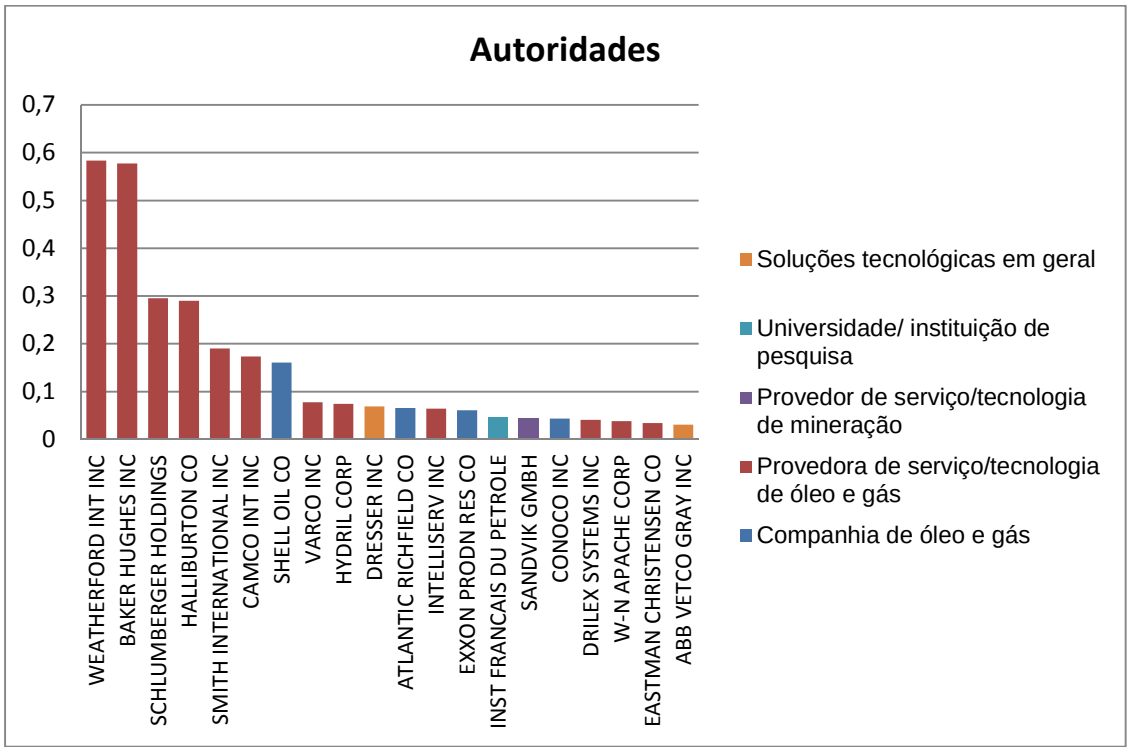


Gráfico 11. Análise Autoridade

Mais uma vez, percebe-se como destaques em relação à métrica de autoridade as empresas Wheatherford, Baker Hughes e Schlumberger, reforçando a importância tecnológica desses players neste campo de desenvolvimento.

Os quadros 7 e 8 apresentam, respectivamente, um quadro contendo as métricas calculadas para a rede de citações de patente e um quadro contendo as métricas calculadas para a rede de depositantes de patentes.

Métrica	Breve descrição	Resultado
Maior Citante	Depositante da rede que mais citou outros depositantes.	Atlas Copco
Maior Citado	Depositante da rede que mais foi citado por outros depositantes	Baker Hughes Inc
Densidade da rede	Proporção entre o número de arcos da rede e o número possível de arcos.	0.00010782
Grau médio da rede	Número médio de relações que um dado nó tem para com os outros nós.	3.00330270
Nº de componentes da rede	Uma componente é uma sub rede maximamente conectada	713
Depositante da patente com a maior centralidade de Grau	Número de linhas incidentes a este depositante.	Schlumberger Holdings
Patente com o maior peso transversal	Índice que mede a conectividade de um nó ou laço no âmbito da rede	Weatherford Int Inc

Quadro 9. Quadro resumo dos resultados da análise das rede de citações de patente

Métrica	Breve descrição	Resultado
Densidade da rede	Proporção entre o número de arcos da rede e o número possível de arcos.	0,00150813
Grau médio da rede	Número médio de relações que um dado nó tem para com os outros nós.	11,23254565
Nº de componentes da rede	Nº de componentes da rede	44
Depositante com a maior centralidade de grau	Número de linhas incidentes a este depositante.	Weatherford Int Inc
Depositante com a maior proximidade de prestígio	Métrica que calcula popularidade considerando o domínio de input de um vértice	Hitachi LTDA
HUB	Métrica que mede o quanto um vétrice cita autoridades	Weatherford Int Inc
Autoridade	Métrica que mede o quanto um vértice é citado por Hubs.	Weatherford Int Inc

Quadro 10. Quadro resumo dos resultados da análise das rede de depositantes de patente

Em vista do que foi apresentado e como resposta à questão de pesquisa, a conclusão a que podemos chegar é que as companhias provedoras de serviço de óleo e gás são as mais centrais e mais importantes da rede, o que sugere que elas são os principais players do desenvolvimento tecnológico em se tratando de aparatos e métodos de perfuração.

De acordo com o resultado aqui apresentado, sugere-se que três empresas tenham importância particular neste cenário tecnológico, que são as empresas Wheatherford, Schlumberger e Baker Hughes, uma vez que as três apresentaram índice expressivos em quase todas as métricas calculadas. Isto sugere que, no cenário tecnológico deste campo de desenvolvimento, estas empresas desenvolvem e

impulsionam o desenvolvimento de tecnologias. Estas conclusões, na visão do autor são importantes principalmente em questões de tomada de decisão para desenvolvimento conjunto de tecnologias bem como para desenvolvimento a partir de tecnologias estabelecidas.

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

O estudo apresentado nesta dissertação objetivou basicamente, por meio da análise de redes sociais, identificar quais instituições e categorias de instituições poderiam ser consideradas as mais importantes no desenvolvimento deste campo tecnológico, fazendo uso da análise de uma rede de citações de patentes da área de perfuração, bem como da rede de depositantes destas patentes, visando responder à pergunta: "Quais instituições e categorias de instituições podem ser consideradas mais importantes para o desenvolvimento de tecnologias de perfuração nos setores de mineração e de petróleo e gás?

Entende-se que uma conclusão pautada basicamente no número de pedidos de patente depositados, sem considerar as relações de troca e aprimoramento de conhecimento que fluem pelos canais de uma rede de citações, não seria uma conclusão bem fundamentada, uma vez que, em muitos casos, desenvolvimentos tecnológicos são impulsionados por desafios.

Ao identificar o posicionamento dos atores dentro da rede, considerando as métricas de Análise de Redes Sociais, é possível afirmar que este trabalho provê uma valiosa contribuição para a gestão do desenvolvimento de novas tecnologias para este setor bem como para futuras investigações que busquem avaliar como o desenvolvimento tecnológico e a inovação ocorrem neste campo.

Embora diversas empresas possam desenvolver aparatos e métodos relativos à perfuração, fica evidente que as indústrias de petróleo e gás e mineração têm a perfuração como algo inerente ao seu negócio, diferentemente de outras indústrias como a construção civil que, por vezes, também possam produzir ou fazer uso deste tipo de tecnologia. Por esta razão, esta pesquisa teve como foco estas duas indústrias.

Como resultado desta pesquisa, concluiu-se que as companhias provedoras de serviço de óleo e gás são as mais importantes nesse campo de desenvolvimento tecnológico, contribuindo de modo decisivo para a geração e difusão da tecnologia pela rede. Isto indica que o centro de gravidade do desenvolvimento tecnológico nesta área pode ter sofrido ao longo dos anos, um deslocamento em direção às companhias provedoras de serviço / tecnologia, o que conferiria a esta um amplo poder de mercado, uma vez que as indústrias estudadas são cada vez mais dependentes de tecnologia.

Outra conclusão advinda da pesquisa em questão é a de que as universidades e instituições de pesquisa não tem peso considerável no desenvolvimento deste tipo de tecnologia, pelo menos não isoladamente. Este fato sugere que a academia, embora esteja mais aberta ao desenvolvimento de pesquisas aplicadas ao contexto do negócio, ainda não tem o porte necessário para se aproximar das demais instituições.

Como já dito, três empresas apresentam destaque especial para os resultados desta pesquisa, a Wheatherford, Schlumberger e Baker Hughes, sendo todas provedoras de serviço/tecnologia para a área de petróleo e gás. Conforme ensina Perrons (2014) e como sugerido neste trabalho, estas empresas têm crescido tanto em valor econômico como em desenvolvimento de tecnologias, alcançando patamares nunca antes vistos.

Os resultados e as conclusões aqui apresentadas podem contribuir não apenas para assuntos relacionados à gestão de tecnologia, mas também para outros temas de impacto para sociedade contemporânea, principalmente temas relacionados ao meio ambiente. Uma vez que atividades que envolvem mineração e exploração e produção de petróleo e gás, principalmente no que tange à perfuração, são por natureza degradantes, novas tecnologias que reduzam seus impactos devem ser buscadas constantemente.

A pesquisa aqui apresentada tem algumas limitações, pois como descrito tanto no capítulo de introdução quanto no de metodologia, trata-se de um estudo exploratório que considerou um conjunto restrito de classificações internacionais, não considerou pedidos de patente em que eram depositantes pessoas físicas e também não considerou possíveis co-titularidades nos pedidos de patente objetos de estudo.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Uma vez que resta clara a importância do desenvolvimento tecnológico para setores industriais como petróleo e gás e mineração, sugere-se como proposição para trabalhos futuros, um estudo que considere não apenas tecnologias de perfuração, mas todas as tecnologias que envolvam a classificação E21B, que é tão representativa tanto da área de petróleo e gás quanto da de mineração.

Outra sugestão para futuras pesquisas seria a construção e a análise de uma rede de co-titularidade de pedidos de patente classificados como E21B. Esta análise objetivaria identificar padrões de cooperação nesta área e determinar se o

desenvolvimento ocorre predominantemente de forma isolada, de maneira cooperativa entre atores do mesmo tipo ou de maneira cooperativa entre atores de tipos diferentes.

Por fim, uma terceira sugestão de pesquisa neste campo seria aquela destinada a compreender quais as motivações para que as companhias provedoras de serviço coloquem maior ênfase em patentear seus desenvolvimentos tecnológicos do que as demais companhias ou instituições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis** (2015), disponível em www.anp.gov.br - acessado em 02/02/2016.

[2]. ANTUNES, A. et al. **Prospecção tecnológica da cadeia de óleo e gás**. 2º Congresso brasileiro em P&D em Petróleo e Gás. 2003.

[3]. ARAÚJO, V. M. R. H. de. **A patente como ferramenta da informação**. Ciência da informação, Brasília, 13 (1): 53-56, 1984.

[4]. BARBASI, A., Bonabeau, E **Statistical mechanics of complex networks**. Reviews of Modern Physics, (2002) ;74(1):47–97.

[5]. BARBASI, A.,Bonabeau, E. (2003). **Scale free networks, Scientific American**, 52–59 (2003).

[6]. BARBIERI J. C.; ALVAREZ, A.C.T. **Estratégia de patenteamento e licenciamento de tecnologia: Conceitos e estudos de caso**. Revista brasileira de Gestão e Negócios, N. 17, 2005.

[7]. BELL M, PAVITT K. **Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries**. Ind Corp Change 1993;2(2): 157e211.

[8]. BESSEN J, MEUER, MJ. **What's wrong with the patent system? Fuzzy boundaries and the patent tax**. First Monday 2007;12(6).

[9]. BHAR, R., MALLIARIS, A. G., 2011, **Oil prices and the impact of the financial crisis of 2007–2009**: Energy Economics, v. 33, iss. 6, 5 p.

[10]. CALAES, G. D., **Evolução do mercado mineral mundial a longo prazo:** Relatório técnico encomendado pelo Ministério de Minas e Energia - MME, através do Projeto ESTAL, com a J.Mendo Consultoria, 2009.

[11]. CAVALHEIRO, G.M.C; JOIA, L. A.; GONÇALVES, A. C. **Strategic patenting in the upstream oil and gas industry: Assessing the impact of the pre-salt discovery on patent applications in Brazil**. World Patent Information , 2014.

[12]. CHOE, H.; LEE, D. H.; SEO, I. W.; KIM, H. D. **Patent citation network analysis for the domain of organic photovoltaic cells: Country, institution, and technology field:** RenewableandSustainableEnergyReviews26(2013)492–505

[13]. DE NOOY, W.; MRVAR, A.; BATAGELJ, V. **Exploratory social network analysis with Pajek**. Cambridge University Press, 2011. v. 27.

[14]. EBERS M. (1999). **Explaning inter organizational network formation**. New York: Oxford University press.

[15]. ELSON, B. E SHAW, R., **Simple Drilling Methods**: WEDC Loughborough University Leicestershire, 1999.

[16]. ELAW - ENVIRONMENTAL LAW ALLIANCE WORLDWIDE. **Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs:** (2010), disponível em http://www.elaw.org/mining-eia-guidebook, acessado em 02/02/2016.

[17]. ENSSEN, J.; KOENIG, H. **The Effect of Social Networks on Resource Access and Business Star-ups, European Planning Studies**, Abingdon, England, v.10, n.8, 2002.

[18]. FARIAS, C. E.G., **Mineração e meio ambiente no Brasil** - Relatório preparado para o CGEE- PNUD - 2002.

[19]. FERREIRA A. A., GUIMARÃES E. R., CONTADOR J.C. **, Patente como instrumento competitivo e como fonte de informação tecnológica**, Revista Gestão e Produção, S. Carlos v. 16, n. 2, p. 209-221, 2009.

[20]. FRANÇA, R. O. **Patente como fonte de informação tecnológica**, Perspect. cienc. inf., Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 235 - 264, jul./dez.1997.

[21]. GALLIÉ, E. P.; LEGROS, D. **French firms' strategies for protecting their intellectual property.** Research Policy, 2012.

[22]. GAMU, J. , BILLON, P. L. E SPIEGEL, S., **Extractive industries and poverty: A review of recent findings and linkage mechanisms:** The extractive industries and society 2, (2015) 162-176.

[23]. GANDRA, R. M. **Impacto da participação especial em campos gigantes offshore de petróleo.** Revista Produção. vol.16 no.2 São Paulo Maio/Agosto. 2006.

[24]. GARCIA, J. C., **Patente gera patente ?** - Revista Transinformação, Campinas , 2006, pág 213-223.

[25]. GIL, A. C. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008

[26]. GRESS B.; **Properties of the USPTO patent citation network: 1963–2002**: World Patent Information 32 (2010) 3–21.

[27]. HAJRA, K. B.; SEN, P. **Modelling aging characteristics in citation networks**. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, v. 368, n. 2, p. 575–582, 15 ago. 2006.

[28]. HAMIZAN, A. A., et al. **Mud Cap Drilling (MCD) with continuous annular injection** - Offshore Malaysia.

[29]. HAN, Y. J.; PARK, Y.; **Patent network analysis of inter-industrial knowledge flows: The case of Korea between traditional and emerging industries**. World Patent Information 28 (2006) 235–247.

[30]. GRUPO VISION.; **Mineração**, disponível em http://visionsistemas.com.br. Acessado em 02/02/2016.

[31]. HUMMON, N. P.; DOREIAN, P. **Connectivity in a citation network: The development of DNA theory.** Social Networks, v. 11, n. 1, p. 39–63, mar. 1989.

[32]. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pintec - Pesquisa de inovação**, 2015, disponível em http://www.pintec.ibge.gov.br/, acessado em 17/09/2015.

[33]. INPI - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL; **Guia Completo de Patentes**, disponível em http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/guia-completo-de-patente - acessado em 04/01/2016.

[34]. INPI - INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL; **Guia Básico de Patentes** http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/guia_basico_patentes acessado em 20/05/2015 às 17:20

[35]. INKPEN, A. C. ; MOFFETT, M. H. **The Global Oil & Gas Industry, Management, Strategy & Finance**. Published 2011 by Pennwell Corp.

[36]. INTERNATIONAL CONCIL ON MINING AND METALS. **Trends in the mining and metal industry:** disponível em http://www.icmm.com/trends-in-the-mining-and-metals-industry, 2012. acessado em 02/02/2016.

[37]. JENSSEN, J.; KOENIG, H. **The Effect of Social Networks on Resource Access and Business Star-ups**: European Planning Studies, Abingdon, England, v.10, n.8, 2002.

[38]. KARKI. M. M. S., **Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool,** World Patent Injormation, Vol. 19, No. 4, pp. 269-212, 1997.

[39]. KARREN, B. , NEWMAN M. E. J., **Random acyclic networks**. Department of Physics, University of Michigan, 2009. pág 1-4.

[40]. KLEIN, S. , POULYMENAKOU, A. **Managing Dinamic Networks**. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 2006. pág 6-9.

[41]. KUEHN, A. L. T. O. **Técnicas de perfuração com gerenciamento de pressão aplicáveis aos reservatórios carbonáticos do pré-sal brasileiro.** Projeto de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Petróleo da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014, pág 51.

[42]. LI-CHUN, Y; KRETSCHMER, H; HANNEMAN, R. A., ZE-YUAN, L. **The evolution of a citation network topology**: The development of the journal Scientometrics. (2006).

[43]. MARCO, A. C., **The dynamics of patent citations:** Economics Letters 94 (2007) 290–296.

[44]. LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

[45]. MARSHAL, D. J.; STAEHELI, L. **Mapping civil society with social network analysis: Methodological possibilities and limitations.** Geoforum 61 (2015) 56-66.

[46]. OLETO R. R., **Percepção da qualidade da informação:** Revista Ciência da Informação, Brasília, v. 35, n. 1, p. 57-62, jan./abr. 2006.

[47]. OLIVEIRA, C. B. **Management of patent portfolios in the oil and gas industry.** World Patent Information, 2014.

[48]. OMPI - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL, **International Patent Classification Guide**, disponível em http://www.wipo.int/export/sites/www/classifications/ipc/en/guide, acessado em 12/01/2015.

[49]. PAO, M. L**. Concepts of information retrieval**. Englewood, Colorado: Libraries Unlimited, Inc., 1989. 285p .

[50]. PATEL, P. & PAVITT, K**. Patterns of technological activity: their measurement and interpretation.** In: STONEMAN, P. (ed). Handbook of the economics of innovation and technological change. Oxford, Blackwell, 1995.

[51]. PELLEGRIN, I. **Redes de inovação - Dinamizando processos de inovação em empresas fornecedoras da indústria de petróleo e gás natural no Brasil**. Tese de doutorado, COPPE, 2005.

[52]. PEREIRA, E. C., BUFREM, L. S. & ZANON, M. J., **Patentes como ferramentas da gestão da informação e da inteligência competitiva**, Instituto de tecnologia do Paraná - TECPAR, 2004.

[53]. PERRONS, R. K. **How innovation and R&D happen in the upstream oil & gas industry: Insights from a global survey**. Journal of Petroleum Science and Engineering 124 (2014) 301–312.

[54]. PINHO A.K.J.; REGUEIRA, K. W. S.; SOUZA E. R. **PORTFÓLIO DE PATENTES DAS 10 MAIORES EMPRESAS DE ENERGIA DO MUNDO**. Rio Oil and Gas, 2014.

[55]. PISANO, G P; VERGANTI, R. **Which kind of Collaboration is Right for you?**, Harvard Business Review, 2008.

[56]. REYNA E. **Case history of floating mud cap drilling techniques-Ardalin Field,Timan Pechora Basin, Russia.** SPE/IADC Drilling Conference, 1995.

[57]. RODRIGUES J. L., TOMAÉL M. I., **Redes de citação em patentes: enfoque em alimentos funcionais:** Iniciação Científica CESUMAR - jan./jun. 2008, v. 10, n.1, p. 17-26

[58]. SALAMEH, M. G. **Oil Crises**: Historical Perspective (2004)

[59]. SILVA, EDUARDO R. M. **O Processo Empreendedor sob a Ótica das Redes: Estudos de Casos em Empresas do Setor de Tecnologia da Informação.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro - 2006.

[60]. SOARES, A. L. **Análise de Redes Sociais no Estudo do Uso de Drogas: Uma Revisão Sistemática.** Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - 2012.

[61]. **Social Networks Analysis, Theory and Applications,** disponível em http://www.asecib.ase.ro/mps/SocNet_TheoryApp.pdf, 2011, acessado em 06/08/2015.

[62]. SPEIGHT, J. G., **Handbook of Offshore Oil and Gas Operations 1st Eddition:** Gulf Professional Publishing, Elsevier, 2015.

[63]. THOMAS, J. E. ET AL., **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**: 2º Edição, Editora Interciência, 2001.

[64]. WANG, F.; REX,T. X.; HUNGERFORD, F.; TU, S. E AZIZ, N., **Advanced directional drilling technology for gas drainage and exploration in Australian coal mines**: First International Symposium on Mini Safety and Engineering, Procedia Engineering (26) 25-36 - (2011).

[65]. WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis: Methods and Applications.** Cambridge University Press, 1994.