

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

JOSIAS AZEREDO BARBOSA

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA APLICADA À AVALIAÇÃO DE
TECNOLOGIAS PARA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO**

Rio de Janeiro

2020

Josias Azeredo Barbosa

**Prospecção tecnológica aplicada à avaliação de tecnologias para recuperação avançada
de petróleo**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação, da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Propriedade Intelectual e Inovação.

Orientadora: Profa. Dra. Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes

Coorientadora: Profa. Dra. Cristina D'Urso de Souza Mendes Santos

Rio de Janeiro

2020

B238p Barbosa, Josias Azeredo.

Prospecção tecnológica aplicada à avaliação de tecnologias para recuperação avançada de petróleo. / Josias Azeredo Barbosa, Rio de Janeiro, 2020. Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) – Academia de Propriedade Intelectual Inovação e Desenvolvimento, Divisão de Programas de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2020.

210 f.; figss.; tabs.; gráfs.

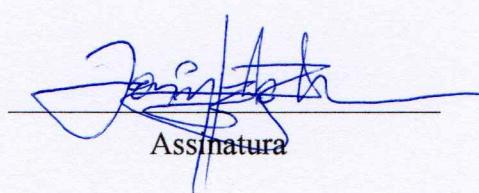
Orientadora: Prof. Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes;

Coorientadora: Prof. Dra. Cristina D’Urso de Souza Mendes Santos.

1. Propriedade industrial – Patentes. 2. Patentes – Informação tecnológica. 3. Prospecção tecnológica. 4. Petróleo – Recuperação terciária. I Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil).

CDU: 347.771:665.6(81)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.



Assinatura

10/02/2020

Data

Josias Azeredo Barbosa

**Prospecção tecnológica aplicada à avaliação de tecnologias para recuperação avançada
de petróleo**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação, da Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Propriedade Intelectual e Inovação.

Aprovada em 09 de janeiro de 2020.

Coorientadora: Profa. Dra. Cristina D'Urso de Souza Mendes Campos
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes
Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)
Prof. Dr. Sérgio Medeiros Paulino de Carvalho
Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)
Profa. Dra. Kátia Regina do Valle Freitas Pinto
Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)
Prof. Dr. Wendel Rodrigues Cezário
Petrobras S. A.
Prof. Dr. Luiz Fernando Leite
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida
acadêmica do aluno

Rio de Janeiro
2020

DEDICATÓRIA

Dedico esta Tese aos meus queridos pais, Josias e Luci, que me orientaram, com sabedoria e dedicação, ao conhecimento, e, especialmente, aos valores de Cristo.

Dedico, também, à minha amada e querida esposa, Viviane, e aos meus filhos, Pedro e Olivia. Sem o apoio deles, não conseguiria superar os inúmeros desafios à conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por seu sustento, por trazer paz ao meu coração e por ter colocado tantas pessoas maravilhosas no meu caminho durante a elaboração desta tese.

Ao meu querido e amado tio Jonas, que nos deixou ao longo desta caminhada. Obrigado por, com simplicidade, sempre me ensinar a olhar e enfrentar as dificuldades pelo lado positivo. Ser feliz é uma escolha.

Agradeço aos meus pais, Josias e Luci, que durante suas vidas se esmeraram em prover todos os recursos possíveis, muitos dos quais não tiveram para si próprios, para que eu alcançasse meus sonhos.

À minha amada esposa, Viviane, companheira de todos os momentos, que foi suporte em amor e em ações, sendo primordial para que eu mantivesse o foco no objetivo, mesmo quando a minha esperança esmorecia.

Aos meus filhos, que mesmo sem compreender o porquê da minha ausência em muitos momentos, demonstraram amor incondicional.

Aos meus irmãos, Glauber e Aline, suas famílias, também aos meus sogros, Manoel e Celina, bem como aos meus cunhados, Vinícius e Thana, que foram amorosos e pacientes na ao longo deste difícil trajeto.

À Cláudia Fileres, que entrou nas nossas vidas num momento decisivo, dedicando do seu tempo e cuidado para com a minha casa e meus filhos.

À minha querida orientadora, Adelaide Antunes, que, usando de toda sua sabedoria, carinho e paciência, não me deixou abandonar o projeto. Não sei mesmo como mensurar e colocar em palavras tudo o que fez por mim e como me abençoou.

À minha amiga e coorientadora, Cristina D'Urso. Verdadeiramente Deus demonstra seu amor colocando pessoas especiais no nosso caminho, nos momentos certos. Seu apoio, disponibilidade e orientação foram fundamentais, especialmente no período de conclusão.

Ao meu amigo Vítor Sérgio, antigo chefe da DIPEQ, por sua amizade e apoio, revelados em muitos gestos práticos, como no incentivo para que eu iniciasse este doutorado. Obrigado pelas boas conversas, que validaram a minha decisão de seguir em frente com o meu sonho.

Aos meus colegas, mais chegados que um irmão, Pedro Leal, Lenílton Corrêa, Cláudio Rabe, Flávio Reis, Ewerton Pimentel e Leandra Guimarães, pelas diversas discussões técnicas e apoio pessoal, que foram indispensáveis para cumprir o objetivo final.

Ao INPI, em especial ao meu chefe direto, José Aguiar, por me oportunizar esta capacitação de extrema importância. Saio agradecido por esta visão da autarquia representado na minha chefia, de entender que a capacitação do funcionário não é um ônus, mas um retorno indispensável ao sucesso de sua existência. Sou, indubitavelmente, um profissional melhor, mais motivado e integrado à visão e à missão desta nobre Instituição.

Aos meus colegas de trabalho do INPI, que foram leais, nos momentos bons e ruins, me motivando sempre em direção à superação das dificuldades e ao alcance desta importante conquista.

Aos colegas da DIESP, que me receberam com muito carinho ao longo de um período crucial de finalização deste estudo.

Termino agradecendo aos meus colegas de turma e professores da Academia do INPI. Foi gratificante conviver com pessoas tão valorosas em caráter e de notório saber técnico e científico, em especial o corpo docente, que doa do seu tempo, não somente com o propósito de formar profissionais em excelência, mas também com o intuito de forjar um país melhor para todos, notadamente revelados nos recursos humanos gerados por esta instituição indispensável e singular.

Eu não creio que exista qualquer outra qualidade tão essencial ao sucesso, de qualquer tipo, como a qualidade da perseverança. Ela supera quase tudo, até mesmo a natureza.

John Davidson Rockefeller

RESUMO

BARBOSA, Josias Azeredo. Prospecção tecnológica aplicada à avaliação de tecnologias para recuperação avançada de petróleo. 2020. 210 f. Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) - do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2019.

O petróleo sempre foi de importância inquestionável através da história da humanidade. Desde o começo da era moderna, provavelmente este tem sido o mais importante recurso energético para o sustento e desenvolvimento de povos e nações. Mais ainda, devido à dependência deste recurso não renovável, entende-se que o petróleo continuará a ser o centro das decisões estratégicas de estados nacionais e empresas. O Brasil insere-se neste contexto, ainda mais pelo fato de que, em pouco tempo, o país estará entre os maiores produtores mundiais de petróleo. Portanto, é de fundamental importância entender a direção dos investimentos no setor, especialmente aqueles realizados em pesquisas tecnológicas, a fim de suportar os tomadores de decisão às melhores escolhas. O presente trabalho objetivou estudar as diferentes tecnologias aplicadas no setor, especificamente em uma das mais importantes áreas: a recuperação terciária de petróleo. Através da aplicação de uma metodologia prospectiva em documentos de patentes, foi possível mapear e identificar os principais atores corporativos e institucionais que investem nas principais áreas tecnológicas da recuperação terciária de petróleo. O presente estudo abrangeu um período de 14 anos, entre 2005 e 2019, onde foi identificado um crescimento exponencial em depósitos de patentes em recuperação terciária de petróleo em suas mais importantes subáreas tecnológicas. E, foi validado pelo fato de que o crescimento identificado esteve em linha com o crescimento da demanda mundial por petróleo e para com os desafios crescentes inerentes à exploração e recuperação de petróleo de áreas geologicamente mais complexas.

Palavras-chave: Patentes. Petróleo. Recuperação terciária de petróleo. Recuperação avançada de petróleo. Prospecção tecnológica.

ABSTRACT

BARBOSA, Josias Azeredo. **Technological prospecting applied for the evaluation of technologies to enhanced oil recovery.** 2020. 210 f. Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) - do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2019.

Petroleum has Always been of unquestionable importance throughout the humanity history. Since the beginning of the modern era, probably it has been the most important energy resource for the sustaining and development of peoples and nations. Moreover, due to the current dependence on this non-renewable resource, it appears that oil will continue to be the center of strategic decisions of national states and companies. Brazil is inserted in this context, especially because, in a short time, the country will be among the world's largest oil producers. Therefore, it is of fundamental importance to understand the direction of investments in the sector, especially those carried out in technological researches, in order to support the decision makers to the better choices. The present work aimed to study the different technologies applied in the sector, specifically in one of the most important areas: the tertiary oil recovery. Through the application of a prospective methodology in patent documents, it was possible to map and identify the main institutional and corporate actors which invest in the main technological areas of tertiary oil recovery. The present study covered a 14-year period, between 2005 and 2019, where exponential growth in patent deposits in tertiary oil recovery was identified in its most important technological subareas. And, it was validated by the fact that the growth identified was in line with the growth of global demand for oil and the growing challenges inherent in oil exploration and recovery from geologically more complex areas.

Keywords: Patents. Oil. Terciary oil recovery. Enhanced oil recovery. Technological prospecting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama dos ramos de proteção da Propriedade Intelectual	44
Figura 2: Depósitos de patentes nos maiores escritórios, em ordem numérica, do 1º ao 10º ..	56
Figura 3: Depósitos de patentes nos maiores escritórios, em ordem numérica, do 11º ao 20º ..	57
Figura 4: Fracionamento básico de petróleo	68
Figura 5: Produção e consumo de petróleo mundial 2007/2017	81
Figura 6: Seleção da coleção <i>Enhanced Patent Data - DWPI and DPCI</i>	128
Figura 7: Seleção Classificação <i>DWPI Manual Codes</i> ®	130
Figura 8: Estratégia de busca inicial configurada na plataforma DI – palavras-chave, e indexadores IPC e <i>DWPI Manual Codes</i> ®	131
Figura 9: Estratégia de busca final – palavra-chave, e indexadores IPC e DWPI Manual Codes®	137
Figura 10: Detalhe da estratégia de busca final codificada para a plataforma DI	137
Figura 11: Estratégia de busca e categorização dos documentos patentários.....	145
Figura 12: Algoritmo de decisão da estratégia de busca e categorização das patentes em EOR.	147
Figura 13: Evolução temporal do número total de patentes em EOR	149
Figura 14: Evolução temporal do número total de patentes nas subáreas de EOR	149
Figura 15: Inserção dos <i>DWPI Accession Number</i> na plataforma DI	152
Figura 16: Procedimento exportação de dados por prioridade mais antiga na plataforma DI	153
Figura 17: Principais 20 países de depósitos de patentes em EOR, a partir do ano de 2005.	155
Figura 18: Áreas de concentração de depósitos de patentes em EOR para China, EUA e Canadá	157
Figura 19: Principais 50 depositantes de patentes em EOR, a partir do ano de 2005	162

Figura 20: Diagrama de Venn para os depósitos de patentes.....	165
Figura 21: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga ...	167
Figura 22: Principais 32 depositantes de patentes em CEOR, a partir do ano de 2005.	168
Figura 23: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga ...	170
Figura 24: Principais 35 depositantes de patentes em TEOR, a partir do ano de 2005.....	171
Figura 25: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga ...	173
Figura 26: Principais 34 depositantes de patentes em CO2-EOR, a partir do ano de 2005 ...	174
Figura 27: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga ...	176
Figura 28: Principais 31 depositantes de patentes em MEOR, a partir do ano de 2005.....	178

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Demanda mundial primária de energia por tipo de combustível.....	29
Tabela 2: Exemplo de indexação hierárquica de uma patente pela classificação IPC.	62
Tabela 3: Produção e consumo de petróleo por países em destaque e mundial 2007 e 2017. .	80
Tabela 4: Conjunto inicial, em agrupamentos, das palavras-chave referentes à tecnologia de restrição. ..	129
Tabela 5: Classificações IPC atreladas ao primeiro evento de busca.....	133
Tabela 6: Classificações <i>DWPI Manual Codes</i> ® atreladas ao primeiro evento de busca.	134
Tabela 7: Categorização dos códigos indexadores das classificações IPC.	142
Tabela 8: Categorização dos códigos indexadores das classificações <i>DWPI Manual Code</i> ®.	
.....	143
Tabela 9: Participação dos 50 maiores depositantes condensados por país sede da empresa/instituição.	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo.

BE: Bélgica.

bbl: barris ($1\ m^3 = 6,28981\ bbl$).

boe: barris de óleo equivalente ($1.000\ m^3$ de gás = $6,28981\ bbl$)

BOPD - *Barrels of oil per day* (Barris de Óleo por Dia).

CA: Canadá.

CIP - Classificação Internacional de Patentes.

CH: Suiça.

CN: China.

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

DE: Alemanha.

EOR - *Enhanced Oil Recovery*.

EPO - *European Patent Office*.

EUA - Estados Unidos da América.

E&P - Exploração e Produção.

FR: França.

GB: Reino Unido.

GHG – *Greenhouse Gas*.

IEA – *International Energy Agency*.

IOS – *Improved Oil Recovery*.

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

IRENA - *International Renewable Energy Agency*.

IT: Itália.

M: milhares.

MM: milhões.

MX: México.

NL: Holanda.

JP: Japão.

JPO – *Japan Patent Office*.

OECD – *Organization for Economic Co-operation and Development*.

OPEC – *Organization of the Petroleum Exporting Countries*.

OOIP - *Original Oil in Place*.

PI - Patente de Invenção.

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento.

PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

PCT - *Patent Cooperation Treaty*.

RU: Rússia.

SA: Arábia Saudita.

SIPO - *State Intellectual Property Office of the People's Republic of China*.

toe: Toneladas de óleo equivalente.

TRIPS - *Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights*.

USGS – *United States Geological Survey*.

USPTO - *United States Patent and Trademark Office*.

WIPO - *World Intellectual Property Organization* (Organização Mundial da Propriedade Intelectual).

WOS - *Web Of Science*.

ZA: África do Sul.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
OBJETIVOS	26
Geral	26
Específicos.....	26
JUSTIFICATIVA	27
1 INOVAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APROPRIABILIDADE	33
2 PROPRIEDADE INTELECTUAL E PATENTES.....	42
2.1 PATENTES.....	45
2.1.1 Estrutura de um Documento de Patente	50
2.2 PATENTES COMO FONTE DE INFORMAÇÃO.....	53
2.3 ORGANIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE PATENTES	60
2.4 A PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM PATENTES.....	62
3 PROPRIEDADE INTELECTUAL E PETRÓLEO.....	66
3.1 PETRÓLEO	66
3.2 PETRÓLEO: DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO	67
3.3 O PETRÓLEO NO MUNDO.....	69
3.4 O PETRÓLEO NO BRASIL.....	83
3.5 A PRODUÇÃO DE PETRÓLEO	91
3.6 RECUPERAÇÃO PRIMÁRIA DE PETRÓLEO	92
3.7 RECUPERAÇÃO SECUNDÁRIA DE PETRÓLEO	94
4 RECUPERAÇÃO TERCIÁRIA DE PETRÓLEO (EOR).....	97
4.1 POR AÇÃO TÉRMICA (TEOR).....	101
4.2 POR AÇÃO QUÍMICA (CEOR) OU MICROBIOLÓGICA (MEOR).....	104

4.3	POR AÇÃO DE SOLVENTE.....	107
4.3.1	por ação de solvente dióxido de carbono (CO ₂ -EOR).....	109
5	METODOLOGIA	112
5.1	CONCEITUAÇÕES TEÓRICAS E DEFINIÇÕES METODOLÓGICAS AO ESTUDO PROSPECTIVO EM PATENTES	113
5.2	1 ^a ETAPA: EXPLORAÇÃO DO MATERIAL	117
5.3	2 ^a ETAPA: SELEÇÃO DA BASE DE PATENTES	118
5.4	3 ^a ETAPA: ELABORAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA EM PATENTES	122
5.4.1	Classificação Internacional de Patentes (IPC).....	123
5.4.2	Derwent World Patent Index CPI Manual Codes [®]	124
5.5	4 ^a ETAPA: DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA EM PATENTES	127
5.6	5 ^a ETAPA: PROCESSAMENTO DE DADOS DA BUSCA EM PATENTES ..	138
5.7	6 ^a ETAPA: CATEGORIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE PATENTE.....	141
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	148
6.1	PERÍODO DE CORTE DA SÉRIE HISTÓRICA.....	150
6.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA BUSCA.....	151
6.2.1	Principais países de depósito em EOR	154
6.2.2	Principais instituições e/ou empresas depositantes em EOR.....	159
6.2.3	Análise das subáreas tecnológicas da EOR	164
6.2.3.1	Recuperação terciária de petróleo por ação química (CEOR).....	166
6.2.3.2	Recuperação terciária de petróleo por ação térmica (TEOR)	169
6.2.3.3	Recuperação terciária de petróleo por ação de solvente dióxido de carbono (CO ₂ -EOR).....	172
6.2.3.4	Recuperação terciária de petróleo por ação microbiológica (MEOR).....	176
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	179

APÊNDICE A - DWPI E DPCI.....	196
APÊNDICE B - INDEXADORES DO IPC & DWPI MANUAL CODES®, (PRIMEIRA BUSCA).	199
APÊNDICE C - CONCENTRAÇÃO GRÁFICA DE DEPÓSITOS DE PATENTES EM CEOR (3 PRIMEIROS).....	204
APÊNDICE D - CONCENTRAÇÃO GRÁFICA DE DEPÓSITOS DE PATENTES EM TEOR (3 PRIMEIROS).....	205
APÊNDICE E - CONCENTRAÇÃO GRÁFICA DE DEPÓSITOS DE PATENTES EM CO2-EOR (3 PRIMEIROS)	206
APÊNDICE F - CONCENTRAÇÃO GRÁFICA DE DEPÓSITOS DE PATENTES EM MEOR (3 PRIMEIROS)	207
APÊNDICE G - CONCENTRAÇÃO GRÁFICA DE DEPÓSITOS DE PATENTES EM EOR 2005-2019 (PRINCIPAIS PAÍSES DE DEPÓSITO).....	208

INTRODUÇÃO

A humanidade caminha, historicamente, sobre a égide da mudança. Desde que deixamos de sermos povos caçadores e coletores, até a nossa organização em sociedade, com destaque ao desenvolvimento da agricultura, da escrita, dos meios de produção e comércio, assim como pela evolução das ciências, que fomentaram a evolução tecnológica, como, por exemplo, o transporte, a medicina e etc., a mudança sempre esteve presente como um elemento recorrente e complexo ao longo de todo o curso da vida humana. Assim, de forma não discordante, a mudança deve ser entendida como um importante indicador do progresso da humanidade, cuja interferência encontra-se explícita nas diversas áreas científicas, podendo ser mensurada, de diversas formas, como no aumento da racionalidade e parametrização dos processos que governam a vida humana, assim como nos avanços tecnológicos.

A mudança talvez tenha a incerteza como sua variável de maior peso, nomeadamente quando esta tem o poder de proporcionar uma volatilidade indesejada, disruptiva, para com os padrões de normalidade. Desta forma, entender as mudanças, suas causas e efeitos, faz parte das aspirações a um ideal de perenidade e previsibilidade da vida. Por outro lado, alcançar este propósito não é trivial, e demanda esforço extra, pois não é simples questionar padrões e paradigmas tradicionais, especialmente quando se está inserido nos mesmos, situação em que é muito difícil prever o que ainda não se pode vislumbrar ou estimar, ou seja, o futuro. Reforça este raciocínio a constatação dada à imprevisibilidade das mudanças à percepção humana por Peter Drucker¹, considerado o pai da administração moderna, ao afirmar que “a

¹Peter Ferdinand Drucker (19 de novembro de 1909 – 11 de novembro de 2005) foi escritor, educador e consultor em administração de origem austríaca, naturalizado estadunidense, cujos escritos contribuíram para os fundamentos filosóficos e práticos das organizações de negócios modernas. Ele também foi líder no desenvolvimento da educação gerencial e inventou o conceito conhecido como gerenciamento por objetivos (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2005).

velocidade das mudanças e das descobertas ultrapassa nossa capacidade de nos mantermos atualizados”.

Por certo, o grande desafio de se prever as mudanças não isenta os indivíduos de tentar antevê-las, especialmente enquanto organizados em sociedade, como em suas instituições, como nos governos nacionais, ou, não menos importantes, em suas firmas. Sobre tal, o ex-presidente dos Estados Unidos da América, John Fitzgerald Kennedy², em um de seus discursos³, destacou a importância de se antecipar às mudanças como condição indispensável à sobrevivência e ao desenvolvimento: “a mudança é a lei da vida. E, aqueles que apenas olham para o passado, ou para o presente, irão, com certeza, perder o futuro”.

As mudanças, por certo, não são simples e muitas vezes podem não ocorrer de maneira gradativa e perene. Por vezes, surgem de forma abrupta, traumática, oriunda de forças distintas, como, por exemplo, quando do avanço tecnológico que leva à substituição de tecnologias que, de um momento para outro, ficam obsoletas frente a outras. O advento da inovação, neste caso, surge alterando os diversos aspectos da sociedade, como a organização do trabalho e suas funções, a atuação das empresas no mercado, a participação dos governos e o comércio de bens e serviços.

Na Teoria do Desenvolvimento Econômico (SCHUMPETER, 1997), de 1911, Joseph Schumpeter⁴ postulou que a mudança promovida pela inovação tecnológica é o motor do desenvolvimento econômico, a força propulsora do capitalismo, revelada na forma de novos produtos ou processos de produção, novos mercados, novas fontes de matérias-primas e etc.

² John Fitzgerald Kennedy (29/05/1917 – 22/11/1963) foi um político americano que serviu como 35º presidente dos Estados Unidos (1961–1963) e é considerado uma das grandes personalidades do século XX (JOHN F. KENNEDY PRESIDENTIAL LIBRARY AND MUSEUM, 2018).

³ Discurso proferido pelo presidente estadunidense John Fitzgerald Kennedy, no Salão da Assembléia, em Paulskirche, Frankfurt, em 25 de Junho de 1963 (JOHN F. KENNEDY PRESIDENTIAL LIBRARY AND MUSEUM, 1963).

⁴ Joseph Alois Schumpeter (08 de fevereiro de 1883 – 08 de janeiro de 1950) foi um economista e sociólogo estadunidense, nascido na Morávia, antiga República Tcheca, naturalizado estadunidense, considerado um dos mais importantes economistas da primeira metade do século XX, conhecido por suas teorias sobre desenvolvimento capitalista e ciclos econômicos (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2016).

Ainda, para Schumpeter (1997), se a mudança tecnológica se traduz na força motriz para o desenvolvimento do sistema capitalista, a firma se configura como o vetor principal de ação à promoção da atividade inovadora, concretizada, principalmente, por meio do empresário inovador. Esse, o empresário que inova, seria o ponto de partida ao progresso dos ciclos dinâmicos de investimentos das firmas, elevando a concorrência, fomentando novas rotas de produto, alterando o equilíbrio de forças de mercado e desencadeando nos ciclos econômicos dinâmicos (SCHUMPETER, 1997).

Sobre tais teorias, Freeman e Soete (2009) foram taxativos ao afirmar que a inovação é um fator crítico ao progresso econômico, de forma que atua como um componente indispensável ao desenvolvimento. Os autores analisaram a dinâmica da inovação industrial, correlacionando-a com o desenvolvimento econômico, em termos de investimentos em novos processos ou produtos, e os impactos decorrentes deste avanço tecnológico materializado sobre a prosperidade dos países, que se revela no ritmo de crescimento econômico das empresas, até a qualidade de vida dos indivíduos.

Dosi (1982), por sua vez, deduziu ser evidente ao pensamento econômico a existência de uma relação restrita entre o crescimento econômico e a mudança, de um lado, e o avanço e progresso tecnológico do outro. Ainda, o autor reforçou o fator da estratégia tecnológica, propondo os conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas (OECD/IEA & IRENA, 2017), como sendo um arcabouço indispensável à parametrização e ao entendimento de problemas tecnológicos relevantes, utilizando-se de conhecimentos particulares para a solução dos mesmos. No caso, denota-se que o modelo teórico proposto, de maneira geral, foi capaz de mensurar, considerando os avanços científicos, os fatores econômicos e as variáveis institucionais, bem como as mudanças contínuas e descontínuas, que corroboraram com o desenvolvimento da inovação tecnológica.

Mais especificamente, o citado estudo verificou que as mudanças contínuas estão, por vezes, ligadas ao progresso definido ao longo de uma trajetória tecnológica, que está compreendida em um paradigma tecnológico, e, ainda, que as mudanças descontínuas estão ligadas ao surgimento de novos paradigmas tecnológicos (DOSI, 1982).

A mudança tecnológica encontra-se atrelada sob um amplo leque de teorias, como exemplificado nas abordagens evolucionárias acima, e são descritas em termos de muitas variáveis, sociais e econômicas, que tentam explicar as atividades inventivas e inovadoras, sob muitos aspectos, as quais são de difícil conceituação e mensuração por modelos simplistas. Portanto, fica claro que são muitas as teses e variáveis que propõem parametrizar as mudanças, e, por isso, governos e sociedade, revelados em suas instituições, firmas, produtos ou serviços, devem buscar entender a melhor forma de lidar e se antecipar às mesmas, de maneira a se prepararem rapidamente e estrategicamente às demandas e às oportunidades. Neste cenário, o fator inovação se torna, mais ainda, como um item indispensável na equação de predição das mudanças, pois pode, indubitavelmente, fomentar a “sobrevivência” e o desenvolvimento dos entes de interesse, no presente e no futuro.

As mudanças têm sido observadas em vários setores, mas, mais ainda, na composição da matriz energética mundial, que tem se alterado grandemente nos últimos anos. Os custos de viabilidade, as políticas públicas e as novas tecnologias têm indicado uma mudança de rota no que se refere às fontes primárias⁵ de energia⁶. No caso, as tecnologias que englobam as ditas energias alternativas, consideradas “mais limpas” quanto à emissão de poluentes, e

⁵A energia primária comprehende os combustíveis comercializáveis, incluindo os modernos “renováveis”, empregados à geração de energia elétrica, transporte, aquecimento e outros usos diretos (OECD/IEA & IRENA, 2017); (BP, 2019).

⁶Energia, na física, refere-se à capacidade de realizar trabalho. A energia pode existir na forma de energia potencial, cinética, térmica, elétrica, química, nuclear ou em formas diversas. Há, além disso, que se considerar o calor, isto é, o processo de transferência de energia de um corpo para outro. Depois de transferida, a energia é sempre designada de acordo com sua natureza. Assim, por exemplo, o calor transferido pode se tornar em energia térmica, enquanto o trabalho realizado pode se manifestar sob a forma de energia mecânica (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2000).

aquelas oriundas de fontes renováveis, desenvolveram-se muito nos últimos anos, aumentando consideravelmente sua participação no conjunto de fontes de energia primária.

Muito deste desenvolvimento foi alcançado a partir de incentivos tributários e financiamentos, suportados por legislações, que aplicaram subsídios ao setor de energias alternativas e renováveis e impuseram restrições e elevação de custos ao setor energético primário tradicional, sendo este contraponto um importante fator que acabou por viabilizar novos caminhos, alternativos, a outras fontes de energia. E, ainda, grande parte das alterações das alterações legais originaram-se de uma maior pressão social ao meio político e jurídico, não só pelo aspecto de preservação do meio ambiente, mas também para o alcance de uma melhor qualidade de vida aos indivíduos, decorrente da redução do uso de energia não renovável e poluente.

Não obstante as teorias elaboradas e a tendência mundial em direção às fontes energéticas “mais limpas”, notadamente de fontes de energia primária, é importante buscar a racionalidade e saber que os combustíveis fósseis ainda são e serão, por muito tempo, de extrema necessidade à existência e desenvolvimento da humanidade.

Sem dúvida, é sabido que o combustível fóssil fez parte dos fatores decisivos para que a humanidade migrasse para a era moderna, nomeadamente pelas suas vantagens implícitas, como, por exemplo, a facilidade de estocagem, de transporte, a elevada densidade de energia acumulada, disponibilidade em quantidade, sem efeitos de sazonalidade e a alta taxa de combustão. No entanto, essas qualidades ainda não são superadas ou igualadas pela grande maioria das fontes alternativas e/ou renováveis, o que revela a sua ainda incontestável importância e o longo caminho que há de se percorrer até a sua total substituição (CARVALHO, 2008).

Quanto ao petróleo, um importante combustível fóssil para a matriz energética mundial, ainda há de se considerar outro fator importante, que o mesmo, desde a sua

descoberta, está ficando cada vez mais difícil se ser encontrado e recuperado. O que antes era retirado com facilidade de afloramentos na superfície terrestre, ou em poços de baixa profundidade no solo, agora só está disponível, de forma viável quanto aos custos inerentes de recuperação, em novas e desafiadoras fronteiras físicas, muitas vezes localizadas a quilômetros de distância de terra firme e em grandes profundidades sob o leito do mar (YERGIN, 2018).

As grandes reservas de petróleo têm exigido recursos vultosos e crescentes das empresas do setor, de modo a promover a superação dos inúmeros desafios tecnológicos à exploração e à produção, em conjunto com a eficiência e produtividade operacional nos processos subsequentes, como os de transporte e de refino. Desta forma, não é de simples entendimento a complexidade do correto balanceamento das variáveis que definem a viabilização econômica da atividade exploratória de petróleo frente a tantos novos obstáculos. Porém, é certo concluir que o setor é demandante de um investimento constante em novas tecnologias, de forma a manter o insumo petróleo disponível à matriz energética mundial.

Estima-se que as fontes não renováveis de energia ainda serão majoritárias na composição da matriz energética primária mundial até 2030 (IRENA, 2018a). Tal entendimento já havia sido apontando há um ano antes, no relatório conjunto entre a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, em português, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), a *International Agency of Energy* (IEA, em português, Agência Internacional de Energia) e a *International Renewable Energy Agency* (IRENA, em português, Agência Internacional de Energia Renovável), ao revelar que, apesar do uso do carvão estar diminuindo mais rapidamente do que esperado ao longo dos anos, a queda do consumo de óleo ainda será pequena, e sua esperada substituição total por fontes renováveis ou alternativas ainda continuará a ser um grande desafio para

muitos setores, especialmente aqueles que são muito influenciados por custos, disponibilidade, facilidade de manuseio e transporte e etc.

O relatório também demonstrou que o investimento em novos campos de exploração de petróleo ainda será necessário para suprir a demanda mundial, já que o declínio de produção observado nos campos atuais já é muito maior e mais rápido do que a queda verificada na demanda de petróleo e na capacidade das atuais fontes alternativas e/ou renováveis de ocuparem esta lacuna (OECD/IEA & IRENA, 2017).

Segundo o relatório da *Organization of the Petroleum Exporting Countries* (OPEC, em português, Organização dos Países Exportadores de Petróleo) (OPEC, 2017), a demanda total de energia primária deverá aumentar, em termos relativos, em 35% em relação a 2015, com uma taxa de crescimento anual média de 1,2% durante o período de previsão, isto é, os próximos 40 anos, indicando, ainda, a proeminência do setor de petróleo no suprimento das demandas energéticas futuras (quanto ao óleo, estima-se uma taxa de crescimento anual média de 0,6% durante o período da previsão).

É de grande importância entender que, apesar das taxas relativamente baixas para o crescimento da demanda por combustíveis fósseis e o indubitável crescimento e participação das fontes de energia alternativas, bem como o grande clamor social à total substituição dos combustíveis não renováveis, os combustíveis fósseis continuarão a ter um papel dominante, demandando ainda mais investimentos, embora com um notável declínio em participação na matriz energética mundial - segundo a OPEC, a participação dos combustíveis fósseis na matriz energética em 2015 ficou em 81% e estima-se que esta deve cair para menos de 80% até 2020 e menos de 78% em 2030, podendo chegar a 74% até 2040. No entanto, resta claro, neste cenário, que o petróleo e o gás juntos ainda devem fornecer a grande parte, mais da metade, das necessidades de energia do mundo até 2040, com uma participação combinada relativamente estável entre 52 a 53% (OPEC, 2017).

Relativamente ao Brasil, as fontes renováveis têm grande composição na matriz energética, como revelado no relatório da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre o balanço energético nacional (EPE, 2017). Por outro lado, o mesmo relatório aponta que a produção de energia primária está, em grande parte, relacionada aos não renováveis, que responderam por 58,5% ($172.540.10^3$ toe- toneladas de óleo equivalente, ou tep - toneladas de petróleo equivalente), na composição da matriz de energia primária em 2016, em que se destaca o petróleo, que foi responsável por 44,2% ($130.373.10^3$ toe) da produção de energia primária dos não renováveis, em contraste aos 41,5% ($122.180.10^3$ toe) de toda produção de energia primária de origem renovável.

Pelo relatório da OPEC (2017), espera-se que a tendência atual conduza a uma convergência global de longo prazo, que venha a reduzir a dependência de combustíveis fósseis, em destaque o petróleo, na composição da matriz energética mundial, de modo que as novas fontes de energia se concentrem na eficiência energética e na crescente adoção de sistemas “limpos” de geração de energia, destacadamente a energia oriunda de fontes que sejam renováveis, de impacto reduzido à poluição.

Por outro lado, resta claro, no mesmo relatório (OPEC, 2017), que a dependência de combustíveis não renováveis, notadamente o petróleo, ainda será majoritária por décadas. Portanto, para enfrentar a demanda crescente, é de vital importância que a indústria do petróleo se move em direção às novas tecnologias, mais viáveis e capazes de promover processos mais eficientes e de maior produtividade, concomitantemente para com a redução dos impactos ambientais, e capaz de extrair hidrocarbonetos de reservas cada vez mais desafiadoras em termos geológicos.

Assim, a presente tese se baseia na questão de se entender que a obtenção de combustíveis fósseis ainda será objeto de investimentos crescentes nas próximas décadas, muito devido à demanda, que continuará elevada, mas, mais ainda, pela continuidade de uma

participarão considerável do petróleo na composição absoluta da matriz energética mundial, mesmo considerando uma presença cada vez mais notável das energias alternativas e renováveis na composição.

Outra questão basilar ao estudo repousa na premissa da dificuldade crescente de se encontrar novas acumulações, em quantidades viáveis, em áreas geológicas de fácil acesso. Entende-se que este fator tem impulsionado um aporte crescente aos investimentos em novas tecnologias, de modo a fomentar a produção em regiões onde a recuperação de petróleo de suas formações subterrâneas é dificultada, especialmente quando se considera os inúmeros desafios tecnológicos de, por exemplo, efetivar a produção em reservas localizadas em alto mar, a longas distâncias da costa e em grandes profundidades.

Por fim, torna-se útil também responder quais são os principais mercados de interesse, bem como os principais atores da indústria de petróleo, notadamente na área tecnológica objeto do presente estudo.

OBJETIVOS

Geral

Esta tese tem por objetivo geral realizar um estudo de prospecção tecnológica em depósitos de patentes, na área de petróleo, com avaliação criteriosa de suas tecnologias, mais especificamente em recuperação terciária (avançada ou melhorada) de petróleo (EOR).

Específicos

Denotam-se como objetivos específicos:

- Avaliação minuciosa nos documentos de patentes quanto aos principais depositantes nas tecnologias relacionadas à EOR;
- Categorização e subcategorização nas tecnologias de EOR mais proeminentes, no Brasil e no exterior;
- Identificar, dentro da EOR, as particularidades tecnológicas de cada processo, a fim de compartmentar a EOR em subáreas tecnológicas;
- Identificar quem são os principais desenvolvedores das tecnologias mais empregadas no campo da EOR, bem como identificar onde a tecnologia está sendo desenvolvida e, ainda, onde esta está sendo protegidas por meio de patentes.

JUSTIFICATIVA

Como já pontuado, o planeta está em constante mudança e determinadas mudanças tem o poder de impactar a vida de bilhões de indivíduos. Também, muito provavelmente o petróleo estará no cerne de uma grande mudança que se aproxima. Mas, a despeito de sua esperada queda na participação da matriz energética mundial, o petróleo ainda será o foco de muitos e importantes estudos, pois, por ainda longos anos, ele continuará a ser o suporte energético, a comódite⁷ principal e incontestável, para a riqueza e desenvolvimento das nações.

Para Yergin (2018), a indústria petrolífera continuará com grande participação no sistema produtivo da sociedade contemporânea, seja pelo fato de que o petróleo ainda é a fonte de energia principal que impulsiona a produção industrial de bens diversos, seja porque muitos outros importantes setores industriais ainda estarão fundamentados e dependentes deste recurso e da sua estrutura industrial e de serviços para o seu desenvolvimento, principalmente, segundo ao autor: a indústria automotiva, aeronáutica e química, a de fertilizantes e agrotóxicos e etc..

Segundo recente estudo (OPEC, 2017), a evolução futura nos mercados de energia e de petróleo será impulsionada por fatores como o crescimento da população, as alterações demográficas, o crescimento econômico, a política, os avanços da tecnologia e, claro, pelos preços da energia e, principalmente, pelos preços do petróleo. Para o primeiro critério, o

⁷ Comódite é um termo proveniente da língua inglesa, *commodity*, que originalmente significava qualquer mercadoria, mas hoje é utilizado nas transações comerciais de produtos de origem primária na bolsa de valores, para se referir a produtos de qualidade e características uniformes, que não são diferenciados de acordo com quem os produziu ou de sua origem, sendo seu preço uniformemente determinado pela oferta e procura internacional. O termo é usado sobretudo com referência aos produtos de base em estado bruto (matérias-primas) ou com pequeno grau de industrialização, de qualidade quase uniforme, produzidos em grandes quantidades e por diferentes produtores. Estes produtos "in natura", cultivados ou de extração mineral, podem ser estocados por determinado período sem perda significativa de qualidade, dependendo de sua conservação. Possuem cotação e negociabilidade globais, utilizando bolsas de mercadorias (PEREIRA, 2009).

crescimento da população, espera-se que a taxa de crescimento sofra uma desaceleração à medida que as perspectivas se aproximem de 2040. Tal fato se justificaria por fatores como o envelhecimento da população mundial, a diminuição das taxas de fertilidade e a elevação da perspectiva de vida. Além disso, verifica-se que há um crescimento constante da mobilidade das pessoas, ocorrendo entre países, bem como uma elevação crescente e constante da concentração da maior parte da população nas áreas urbanas. Assim, estima-se que a população global demande cada vez mais recursos energéticos para sustentar a vida do homem moderno, bem como o aumento de 7,3 bilhões em 2015 para 9,2 bilhões em 2040. Destaca-se dos números que este acréscimo de 1,8 bilhão de pessoas estará relacionado, principalmente, ao aumento populacional nos países em desenvolvimento, incluindo, obviamente, o Brasil (OPEC, 2017).

Considerando as variáveis destacadas acima, assim como os apontamentos revelados na introdução do presente estudo, espera-se que, para o futuro, haja uma elevação numericamente importante, em termos percentuais, na demanda de energia. Essa demanda, segundo o relatório da (OPEC, 2017), não será suprida pelas fontes de energia renováveis e/ou alternativas. Por isso, entende-se que a área da descoberta e exploração de petróleo ainda será indispensável e mais ainda, profícua, onde o desenvolvimento técnico do setor desempenhará um papel decisivo ao suprimento das exigências energéticas, dando uma resposta satisfatória ao fornecimento perene desta importante e ainda insubstituível matéria-prima. Assim, constata-se que, além de ser cada vez mais intensivo em tecnologia, o setor de petróleo continuará a ter o protagonismo das matrizes energéticas por décadas.

Em relação à Tabela 1, verifica-se que os Estados Unidos da América (EUA) consumiram em 2017, aproximadamente, 2.234,9 Mtoe⁸ a China consumiu 3.132,2 Mtoe e o Brasil consumiu apenas 294,4 Mtoe. No caso brasileiro, apesar de um crescimento de 3,1% na

⁸ Mtoe: milhões de toneladas de óleo equivalentes.

taxa de consumo entre 2006 e 2016, destaca-se que este aumento tem progredido pouco e se mantido praticamente estável, sendo impactado, notadamente, pelos curtos períodos de elevação e queda nas taxas de crescimento econômico do país. Em média, esta desproporção representa que os EUA e a China estão consumindo entre nove e dez vezes mais energia primária do que o Brasil (BP, 2019), demonstrando, por assim dizer, uma demanda progressiva por este recurso.

Tabela 1: Demanda mundial primária de energia por tipo de combustível.

	Níveis de Consumo Mboe ⁹ /d				Crescimento % p.a.
	2015	2020	2030	2040	
Petróleo	86,5	92,3	97,9	100,7	0,6
Carvão	78,0	80,7	85,8	86,2	0,4
Gás	59,2	65,2	79,9	93,2	1,8
Nuclear	13,5	15,8	20,1	23,8	2,3
Hidroenergia	6,8	7,5	9,0	10,3	1,7
Biomassa	28,0	30,1	34,0	37,3	1,2
Outros renováveis	3,8	6,6	12,9	20,0	6,8
Total Mundial	276,0	298,2	339,4	371,6	1,2

Fonte: Elaboração própria a partir de OPEC (2017).

Os dados revelados no relatório da British Petroleum (BP) (2019) permitem identificar, ainda, que a liderança chinesa no consumo total de energia primária é uma condição bem recente, pois apenas em 2009 a China, descontado o consumo de Hong Kong e Taiwan, ultrapassou o nível do consumo total de energia primária dos EUA (BP, 2019).

⁹ Mboe: milhões de barris de óleo equivalente.

Por tudo isso, é que o presente trabalho pretende, através da prospecção tecnológica em patentes, mapear a cadeia produtiva do petróleo, dado a sua considerável importância no contexto econômico mundial, focando nas tecnologias mais proeminentes, no caso, no área da recuperação terciária de petróleo (EOR).

Através de estudos específicos, objetivando entender e parametrizar as rotas tecnológicas da inovação atreladas à EOR, o estudo pretende gerar resultados que venham fornecer a informação correta aos agentes públicos, de modo que este conhecimento fomente a tomada de decisões estratégicas para o país.

Mais especificamente, esta pesquisa é suportada pela crença de que o emprego e modernização das técnicas de recuperação terciária de petróleo (EOR) são decisivos para o desenvolvimento do setor de petróleo, notadamente no Brasil, que tem suas reservas em ambientes desafiadores, que demandam tecnologias não triviais à recuperação de petróleo.

No caso, o grande desafio que se impõe para se extrair tal recurso de sítios geológicos cada vez mais complexos também se revela na grande importância de se conhecer os principais atores que dominam e empregam a EOR no mercado mundial, os locais onde se estão desenvolvendo as principais pesquisas e quais as tecnologias que estão sendo mais aplicadas, dentre outras importantes informações que podem ser conhecidas ao final deste estudo.

Por fim, a opção se justifica pelo fato de que as patentes são um componente importante da literatura científica publicada no mundo, como artigos científicos em periódicos, revistas e anais de congresso. Ademais, denota-se que parte significativa da informação publicada só pode ser encontrada em publicações de patentes, nomeadamente quando em áreas técnicas específicas com, provavelmente, elevado potencial comercial de novas tecnologias (MACEDO e BARBOSA, 2000).

A tese está organizada em sete capítulos ao desenvolvimento do tema, em que se denota o encadeamento dos assuntos ao cumprimento dos objetivos geral e específico.

O capítulo 1 apresenta um enfoque teórico sobre a perspectiva da inovação, do desenvolvimento e da apropiabilidade, tendo como base a propriedade industrial e sua importância no âmbito do tema.

O capítulo 2 apresenta a propriedade intelectual sob o enfoque da propriedade industrial, nomeadamente as patentes, cobrindo as suas características técnicas e particulares, e destacando a sua importância como um indicador confiável para estudos de tendências tecnológicas ou ao fornecimento de informações estratégicas, capazes de fornecer cenários, aos diversos entes de interesse, como o Estado e as firmas.

O capítulo 3 repousa sobre o tema do petróleo, dando destaque a sua história e importância ao cenário mundial. Aborda, ainda, os aspectos estruturantes de sua indústria e as tecnologias atualmente aplicadas à produção deste indispensável insumo.

O capítulo 4, mais específico, afunila a análise das tecnologias à recuperação terciária de petróleo, dando enfoque às subáreas de EOR, de interesse no presente estudo, isto é a recuperação terciária de petróleo: por ação química (CEOR), por ação térmica (TEOR), por ação de solvente, especificando no emprego de dióxido de carbono (CO₂-EOR), e, por ação microbiológica (MEOR).

O capítulo 5 apresenta a metodologia desenvolvida e aplicada, destacando as estratégias utilizadas na busca e na análise de documentos de patentes, bem como a forma como esses dados são tratados, para as tecnologias que envolvem a EOR.

O capítulo 6 apresentam os resultados obtidos por meio de gráficos e tabelas e as discussões que envolvem a análise estatística esses dados.

Ao final deste estudo, chega-se ao conjunto de conclusões e recomendações finais e são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas como alicerce para o desenvolvimento deste trabalho, bem como os apêndices técnicos.

1 INOVAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E APROPRIABILIDADE

Como já abordado, ao longo de toda a sua história, as mudanças impeliram o homem a mudar o seu jeito de agir e pensar, forçando-o a adaptar-se ao mundo que o cercava. O meio desafiador repleto de incertezas revelava-se em diversas frentes, como nas restrições ambientais e nos obstáculos naturais à vida, e acabavam por direcionar o homem a escolhas que superassem os desafios diários e garantisse a sua sobrevivência. Essas escolhas direcionaram o homem a se organizar em uma sociedade de cooperação mútua de indivíduos, que, em um primeiro momento, se fundamentou em tradições e regras rígidas (HEILBRONER, 1996).

Segundo Heilbroner (1996), com o tempo, o sistema tradicional de imposição de regras foi dando lugar a um sistema de mercado, inicialmente pequeno, representado pelos poucos produtos transacionados, que evoluiu em diversas frentes, desde o suprimento das necessidades básicas de contabilização das transações comerciais, até as primeiras regras de regulação de tais transações. No entanto, havia ainda uma grande dificuldade ao crescimento do comércio, refletido, principalmente, na infinidade de sistemas de regras, de impostos e de pesos e medidas particulares. Tais parâmetros, não uniformes e pouco específicos, ainda se somavam aos freios sociais impostos por diversas instituições, como, por exemplo, pela igreja, que considerava o lucro como pecado. Assim, mesmo que o capital tenha existido no mundo pré-capitalista, não se podia conceber que o mercado pudesse existir, já que o mesmo não poderia se manter fora da lógica do lucro.

Ainda, segundo o autor, a criação de cidades e estradas, a intensificação do comércio entre regiões, que trouxeram o aumento das transações comerciais, que passaram a compreender inúmeras trocas, cada vez mais validadas por moedas, assim como o impulso

crescente das novas descobertas pré-industriais, foi desenvolvendo a lógica da expectativa de lucro, que por fim culminou num sistema econômico (HEILBRONER, 1996).

A partir dos fundamentos fincados no mercado é que, em meados do século XVIII, veio acontecer o que ficou conhecido como o grande marco divisor da história econômica do ocidente: a revolução industrial. Sua importância notabilizou-se pelo impacto sobre a produtividade, com a diversificação e substituição de diferentes matérias-primas (inserção dos minerais), aplicadas a novas máquinas e equipamentos, todos seguindo uma nova organização, que tinha por objetivo único a produção em escala, em quantidade. Tais implementos foram revelados em meio a ondas de inovações tecnológicas, onde a substituição do esforço humano pelas máquinas era um objetivo e uma constante, ou seja, a apropriação do trabalho humano pelas máquinas (TIGRE, 2006).

As inovações eram introduzidas em várias etapas da produção, desdobrando-se em novas inovações, que abrangiam todos os aspectos da cadeia produtiva, desde a logística e organização dentro da fábrica, até a mudança de fontes de energia primária, como a substituição do carvão vegetal pelo mineral, assim como pelo espalhamento das inovações de um setor para outros (indústria ferroviária, naval e etc). O capitalismo nascente fluía com dinamismo pujante, por meio, principalmente, das inovações e sua consequente disseminação. Não diferente, a atividade comercial catalisou as reformas nas instituições, nomeadamente na Inglaterra da revolução industrial, de modo que tais reformas favorecessem o investimento no setor produtivo. As legislações passaram a reconhecer e garantir a propriedade privada dos indivíduos e das empresas sobre os bens físicos e intelectuais, ou seja, o reconhecimento dos direitos individuais, e não mais o direito do Estado sobre os ativos de conhecimento, isto é, os inventos (TIGRE, 2006).

A partir da segunda metade do século XIX, evidenciou-se a revolução tecnológico-científica, ou a segunda revolução industrial, onde a industrialização se espalhou pelo

continente europeu e Estados Unidos da América (EUA), com rápida disseminação das inovações, que proporcionaram mudanças institucionais, sociais e econômicas. Neste período a Grã-Bretanha já representava 40% de tudo o que era exportado no mundo, e já alcançava produtividade 14% superior a dos EUA. Os transportes ferroviário e marítimo puxavam o desenvolvimento, trazendo a reboque todo um conjunto de necessidades estruturantes indispensáveis, como de estradas e portos, bem como o desenvolvimento de toda uma indústria de setores especializados, como a siderúrgica. Neste período, o ciclo de expansão foi acompanhado por menos rupturas tecnológicas e mais aperfeiçoamentos de tecnologias, incorporadas de forma incremental, em sua maioria, nos ambientes internos das firmas (TIGRE, 2006). Portanto, a inovação foi se forjando, no decorrer da história da humanidade, como um fator não somente de incerteza, mas indispensável ao desenvolvimento econômico e social.

A definição da inovação é complexa, em seus diversos conceitos, por diversos autores. Para Schumpeter, em sua Teoria do Desenvolvimento Econômico, a inovação é definida como mola impulsionadora do desenvolvimento do capitalismo, atuando sob a forma de rupturas bruscas e descontínuas, descritas na forma de ondas definidas no tempo, capazes de incitar o rompimento do equilíbrio dos mercados, definindo ciclos pelos quais passam a economia (SCHUMPETER, 1997).

Segundo Schumpeter, a inovação pode ser caracterizada por fatores específicos, como: a introdução de um novo produto, distinto ou de qualidade superior; um novo método de produção, ou mesmo de distribuição, de um produto; a abertura de um novo mercado; novas fontes de matéria-prima; ou novas formas na organização industrial, que impacte na criação ou destruição de uma posição monopolista. Desta forma, as inovações se apresentam como resultantes à criação de soluções novas aos problemas (SZMRECSÁNYI, 2006).

Na perspectiva do desenvolvimento econômico, considerando a teoria econômica evolucionária, considera-se que a incerteza também é um fator chave. Ela está diretamente atrelada à tomada de decisão dos agentes de mercado, os quais atuam em um cenário dinâmico, onde a racionalidade é limitada, e onde o desenvolvimento econômico se empreende por meio de fluxos desconhecidos. Neste caso, diferentemente do foco neoclássico, em que o mercado busca um equilíbrio dentro de delimitações definidas, o progresso econômico evolucionário se desenvolve em forma de desequilíbrios contínuos, sendo estes promovidos pelas inovações tecnológicas, apresentando-se como resultado de uma corrida errática dos inovadores (aqueles que inserem as inovações no sistema produtivo), que buscam o ideal monopolista, mesmo que temporário, e mesmo sabendo que a busca bem sucedida do monopólio carrega uma elevada carga de incertezas (NELSON, 2006).

Conforme observado, é pela inovação que se busca o lucro extraordinário¹⁰, e que se introduz o dinamismo econômico. Por ela, estimula-se a competitividade no sistema capitalista, criando um ciclo virtuoso de crescimento, oriundo daqueles outros atores de mercado que buscam imitar a trajetória bem sucedida empenhada pelo inovador. Esse ciclo virtuoso, que fomenta o crescimento, não é efetuado somente por efetiva mudança de comportamento mercadológico, mas pelo fato de que novos empreendimentos demandam grandes investimentos para que se realizem, no menor tempo possível, de modo que os atores possam fazer parte do jogo em que poucos ainda estão ganhando muito, internalizando de maneira mais rápida e efetiva a apropriação das novas invenções à firma competidora (NELSON, 2006).

Há um razoável consenso de que, em momentos de competição, que tende a um equilíbrio de forças de mercado, a diferenciação entre firmas em seus produtos tende a um

¹⁰ O lucro normal é o valor que mantém o proprietário numa dada atividade: se o lucro fosse mais baixo, o empresário sairia desse mercado, aplicando em outro negócio, ou no mercado financeiro. O que exceder o lucro normal é chamado de lucro extraordinário (VASCONCELLOS e GARCIA, 2014).

nível mínimo, em que o acesso às tecnologias é equiparável entre os atores e as taxas de inovação são muito baixas. O dito cenário, abordado por Schumpeter, estimula os empreendedores, no caso, os inventores, a buscarem inovações de modo a se diferenciarem, objetivando o ideal monopolístico, a partir, claro, de um investimento extraordinário de tempo e dinheiro à elaboração do novo invento. Sobre este aspecto, o problema principal repousa sobre uma apropriabilidade ideal, em que a exclusão de competidores é, teoricamente, plena e viável, mas que, na verdade, quase nunca é perfeitamente efetivada. Portanto, a apropriabilidade define-se como os diferentes meios que os agentes econômicos podem usar para lucrar a partir de seus inventos ou inovações, para que possam usufruir, temporariamente, de um poder monopolista sobre o conhecimento de suas criações (MELLO, 2009).

Mas como garantir o direito sobre o invento, compensando o esforço de investimento, e evitando a cópia, com infinitamente menos custos aos atores concorrentes, perseguidores também de vantagens competitivas? Denota-se do já comentado, que, caso os inventores não possam contar com meios que lhes garantam a propriedade e a exclusividade sobre suas criações, estes, logicamente, estariam em desvantagem frente a seus competidores, haja vista que os mesmos não teriam os mesmos riscos inerentes ao investimento. Assim, os competidores poderiam facilmente imitar o inventor, sem assumir qualquer ônus ou risco. O problema, que *a priori* pode parecer insignificante, talvez seja o mais importante a ser abordado, pois sem se garantir direitos, qual o estímulo para se inovar? De que vale uma firma dispender recursos e assumir um risco de oportunidade elevado se o fruto de seu intento for facilmente apropriado por outro? Portanto, as firmas devem buscar mecanismos de proteção efetivos para garantir a apropriabilidade (MELLO, 1995).

Não obstante a existência de mecanismos de proteção aos inventos é fato que a apropriabilidade é, quase sempre, incompleta, pois ocorrem externalidades, as quais geram

uma diferença entre o que é privado e o retorno social de qualquer conhecimento que está sendo gerado. Tal fato poderia levar, em condições de competição perfeita de mercado, a um desestímulo aos investimentos em atividades de inovação. Como já observado, a criação do conhecimento à invenção é impactada por falhas de mercado distintas, já que esta é uma atividade que está sujeita a elevados níveis de incerteza e fortes indivisibilidades (MELLO, 2009). Assim, a estratégia lógica por trás da variedade de mecanismos que as empresas utilizam para proteger suas inovações pode ser entendida na forma de que os lucros da inovação serão dependentes da interação de três grupos de fatores diferentes: os regimes de apropiabilidade, os ativos complementares e a presença ou ausência de um paradigma dominante no setor em que as empresas operam (TEECE, 1986)

Os regimes de apropiabilidade são variados, caracterizados, em sua maior parte, pelo tipo da tecnologia e pelos mecanismos legais disponíveis para proteção, sendo esses mais eficazes ou não. Regimes de apropiabilidade mais restritivos ou permissivos são definidos pela capacidade das empresas de reter maiores ou menores lucros sobre suas inovações. Muitas são as ferramentas que podem ser empregadas para definir um bom regime de apropiabilidade, que compreende ainda um balanço estratégico entre tais ferramentas, como a emprego de segredos industriais para certos casos e de patentes para outros, onde o regime deve se estruturar como eficaz à proteção, na medida certa, de muitas tecnologias. Desta forma, a natureza do conhecimento envolvido também é relevante para aplicação de cada tipo de ferramenta garantidora da apropiabilidade, que será revelada em vantagem competitiva da firma sobre seu invento. Assim, verifica-se que a apropiabilidade não pode depender inteiramente das características mais ou menos bem-sucedidas da tecnologia a ser protegida, pois esta é fortemente baseada em outras capacidades das empresas, que empregam ativos outros complementares à proteção, que também se destacam, além das ferramentas de proteção do invento, na comercialização bem-sucedida, nas capacidades de fabricação, no

marketing e pós-venda, entre outros fatores. Assim, não somente o conhecimento codificado e explícito deve ser alvo de proteção, mas também o conhecimento “tácito (tecnológico) que é implícito e idiossincrático e, no nível organizacional, está embutido em rotinas e capacidades” (TEECE, 1986).

Por certo, os tipos de inovação estão intimamente relacionados com os mecanismos de apropiabilidade disponíveis, que certamente também se alteram ao longo de um cenário competitivo. Sobre tal, Dosi (1982) definiu bem o fator da estratégia tecnológica das firmas e seu impacto decorrente no mercado e, por consequência, num Estado. A partir do conceito de paradigmas e trajetórias tecnológicas, seu modelo teórico procurou mensurar o peso dos fatores econômicos e das variáveis institucionais, bem como das mudanças contínuas e descontínuas, que corroboram com o desenvolvimento, e são afetadas por meio da inovação. No caso, verificou-se que as mudanças contínuas estariam ligadas ao progresso ora definido ao longo de uma trajetória tecnológica, ou várias, compartimentada em um paradigma tecnológico, e que as mudanças descontínuas estariam ligadas ao surgimento de novos paradigmas tecnológicos. Assim, os meios de apropriação das inovações utilizados pelas empresas em suas invenções dependem do estágio do ciclo de vida que tais inovações estão inseridas na trajetória tecnológica do mercado em que atuam, dentro de um determinado momento em um paradigma tecnológico (DOSI, 1982; DOSI, MARENKO e PASQUALI, 2006).

Diante do exposto, denota-se que a apropiabilidade é uma questão complexa, de maneira que são muitas as ferramentas e mecanismos que as empresas empregam, a fim de proteger o conhecimento desenvolvido em suas invenções da imitação por seus competidores. Além disso, muitos são os fatores específicos que diferenciam as empresas em suas estratégias particulares de apropriação, dentre as quais, podem se destacar: o tamanho da empresa, a capacidade de inovar, o conhecimento tácito, inovações de produto versus

processo, estágios do ciclo de vida de produtos e processos, os regimes de apropiabilidade e o ambiente legal do país. Este último é de grande importância, já que definirá o que pode estar ou não coberto sob o regime de proteção do Estado, ou mesmo os diferentes mecanismos legais possíveis, bem como o nível de aplicação desses mecanismos (HURMELINNA-LAUKKANEN e PUUMALAINEN, 2007).

Além disso, os diferentes meios de se proteger inovações de imitadores compreendem mecanismos de apropiabilidade que interagem entre si, de várias maneiras, conforme o momento e estratégia das firmas competidoras. Segundo Hurmelinna & Puumalainen (2007) dois são os mecanismos frequentemente enfatizados: a natureza do conhecimento central na inovação e a eficácia da proteção legal dos ativos intelectuais. Mais ainda, os autores citam que existem diversos outros mecanismos de apropiabilidade, que são usados estrategicamente à proteção da inovação, mesmo que alguns desses mecanismos se sobreponham em nível de proteção ou mesmo pareçam atuar de forma ambígua. Mecanismos como os citados ainda podem ser empregados como pré-requisitos à inovação, ou derivados ou como suporte de outras formas de proteção. Neste caso, os processos técnicos internos podem ser instituídos para atuarem como um requisito indispensável à manutenção de um segredo industrial. De outra forma, as patentes podem criar vantagens de sobre prazos de transmissão de tecnologias ou de entrega das mesmas. Portanto, mecanismos distintos podem ser empregados em várias etapas processuais da inovação (HURMELINNA-LAUKKANEN e PUUMALAINEN, 2007).

Mais especificamente, e como será abordada mais à frente neste estudo, a propriedade industrial é um dos regimes de apropiabilidade mais relacionados à proteção da inovação. Devido a isso, a propriedade industrial é o ponto de partida óbvio a ser considerado no presente estudo, notadamente de como acontece a apropiabilidade.

Patentes, direitos autorais, marcas registradas, segredos industriais, entre outros, fornecem proteção para objetos diferentes que muitas vezes se sobrepõem. Assim, não é difícil observar, por exemplo, que marcas sejam conjuntamente utilizadas com patentes, ou seja, mais de um mecanismo pode ser empregado ao mesmo tempo, para uma dada inovação. Ainda, é importante novamente destacar que a eficiência dos diferentes mecanismos de apropiabilidade varia com o tempo, como no caso das patentes, que tem validade limitada e caducam. O certo é que nem sempre se podem fazer previsões sobre as relações diretas entre empresas, setores e recursos de tecnologia para com o uso de diferentes regimes de apropiabilidade (HURMELINNA-LAUKKANEN e PUUMALAINEN, 2007).

No caso do segmento *upstream*¹¹ da indústria de petróleo, este está posicionado em uma cadeia de valor relativamente longa e complexa, que compreende desde a exploração e produção do petróleo bruto, passando pelo transporte, e indo até o refino do petróleo em seus derivados e terminando na comercialização dos produtos gerados. Tal indústria é intensiva em tecnologia ao objetivo final de recuperar petróleo e gás natural de campos petrolíferos subterrâneos, que, no caso do Brasil, se concentra em campos subterrâneos suboceânicos (YERGIN, 2018). No caso deste estudo, não é difícil entender que a indústria petrolífera, dita a montante, também foi modificada por várias fases de transformação e reconfiguração, propiciando um cenário relevante à análise da dinâmica dos regimes tecnológicos e dos padrões de inovação acompanhados pelos regimes de apropiabilidade.

¹¹ As operações da indústria de petróleo são divididas em três partes principais: *upstream*, *midstream* e *downstream*. *Upstream* refere-se às atividades de prospecção, com a decorrente descoberta e localização das reservas de petróleo, incluindo as etapas envolvidas na perfuração real e todas aquelas relativas à recuperação dos recursos de petróleo e gás natural até a superfície (YERGIN, 2018).

2 PROPRIEDADE INTELECTUAL E PATENTES

A propriedade intelectual (PI) é um direito imaterial, originária do intelecto humano e não da sua força de trabalho, que se concretiza através de sua capacidade inventiva e/ou criadora na forma de invenções, literais ou artísticas, em que o homem emprega tal capacidade criativa para se desenvolver e progredir. Tais definições denotam, portanto, a tênue ligação entre o criador e sua criação, que acabaram por originar diversas teorias com o objetivo de explicar esta relação (JUNGMANN e BONETTI, 2010).

Ainda, a propriedade intelectual tem por objetivo reconhecer o direito de propriedade dos criadores sobre suas criações. Mas não só isso, pois o reconhecimento do direito à propriedade, tendo a publicidade dos inventos à sociedade como contrapartida, também funciona como um vetor promotor à criação de novas soluções, novos inventos, ou mesmo em incrementos inventivos àqueles inventos já de posse de seus inventores. Cria-se um círculo virtuoso à criação, respaldado em um arcabouço de segurança jurídica. Tais direitos, como qualquer outro direito de propriedade, também permitem que seus criadores ou proprietários, de, por exemplo, patentes, marcas comerciais ou trabalhos com direitos autorais, se beneficiem do trabalho ou investimento que dispuseram em determinada criação pela comercialização exclusiva da mesma, por exemplo (JUNGMANN e BONETTI, 2010).

Segundo Gandelman (2004), “se não há o prêmio, o criador não tem motivação para criar ou divulgar a criação, o que traz um prejuízo para a sociedade”. Portanto, o sistema de propriedade intelectual, pela materialização do prêmio, é o reconhecimento de um “direito de propriedade privada sobre os produtos da mente humana”. A despeito do reconhecimento da sociedade ao inventor, essa também tem seu interesse preservado, destacadamente pelo estímulo ao indivíduo de propor outras inovações, sejam descritas em criações técnicas, como artísticas.

O inventor tem seus direitos sobre a propriedade intelectual explicitados no artigo 27 da Declaração Universal dos Direitos Humanos¹², que declara o direito dos criadores de se beneficiarem da proteção dos interesses morais e materiais decorrentes de autoria de suas produções científicas, literárias ou artísticas (JUNGMANN e BONETTI, 2010). Antes disso, os mesmos direitos foram reconhecidos na Convenção de Paris para a proteção da propriedade industrial, CUP, (1883) e na Convenção de Berna para a Proteção das Obras Literárias e Artísticas (1886). Ambos os tratados são atualmente administrados pela *World Intellectual Property Organization* (WIPO, em português, Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI). A OMPI, definiu a propriedade intelectual (PI) como:

a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações dos artistas intérpretes e às execuções de radiofusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico (OMPI apud JUNGMANN & BONETTI, 2010, p. 21).

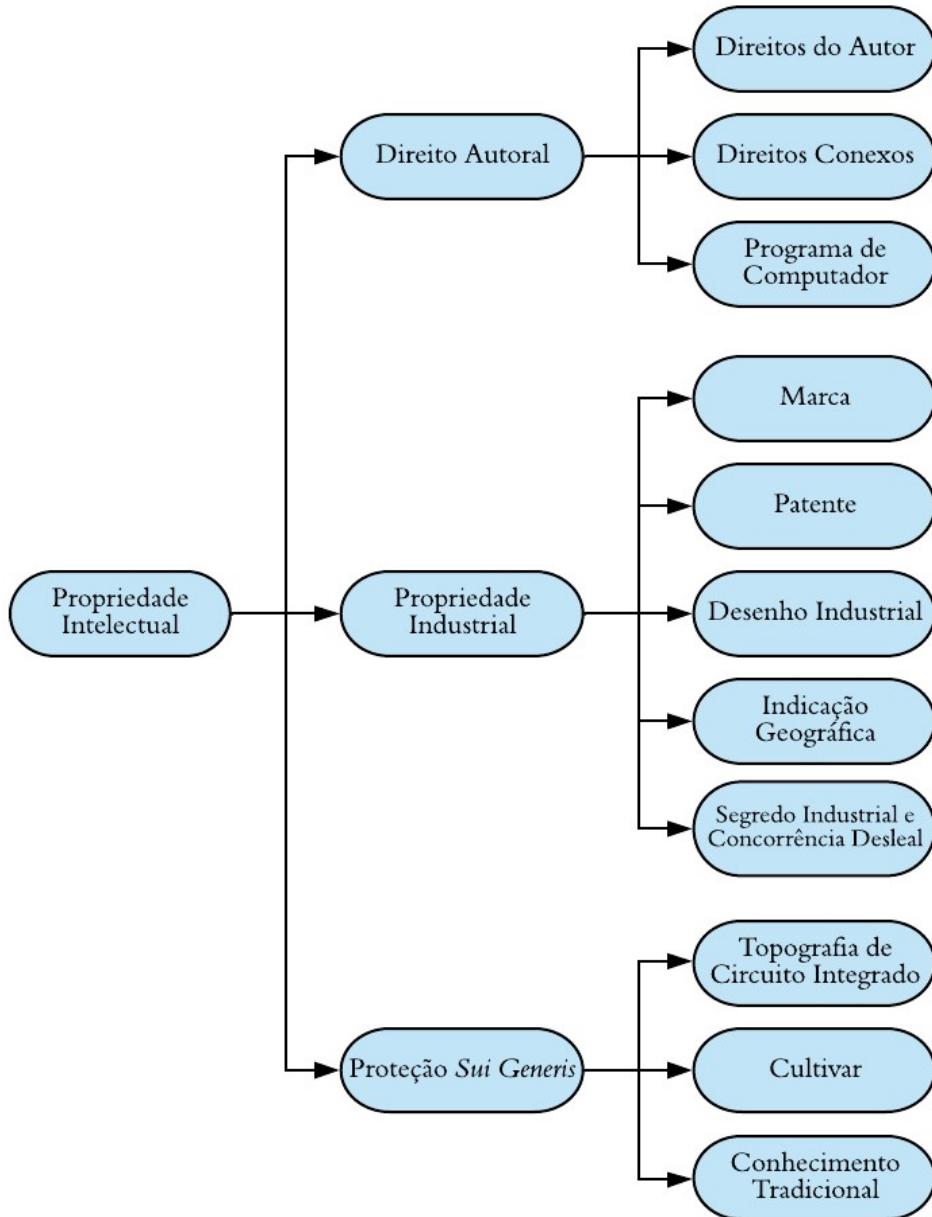
Em geral, entende-se que a PI, conforme ilustrado na Figura 1, está dividida em três categorias de direito (JUNGMANN e BONETTI, 2010):

- a) Direito Autoral, que são direitos concedidos aos autores de obras intelectuais expressas por qualquer meio ou fixadas em qualquer suporte. Estes direitos incluem obras literárias, artísticas e científicas (direitos de autor), interpretações artísticas e execuções, fonogramas e transmissões por radiodifusão (direitos conexos) e programas de computador;
- b) Proteção *Sui Generis*, que são direitos do escopo de PI, em que se incluem a topografia de circuito integrado, cultivares e os conhecimentos tradicionais; e

¹² Artigo 27:

1. Todo ser humano tem o direito de participar livremente da vida cultural da comunidade, de usufruir das artes e de participar do progresso científico e de seus benefícios;
2. Todo ser humano tem direito à proteção dos interesses morais e materiais decorrentes de qualquer produção científica literária ou artística da qual seja autor (UNICEF, 1948).

Figura 1: Diagrama dos ramos de proteção da Propriedade Intelectual.



Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil (1996) e CNI (2013).

- c) Propriedade Industrial, que são direitos concedidos ao titular de tecnologias industriais e marcas, com o objetivo de promover a criatividade pela proteção, disseminação e aplicação industrial de seus resultados. Compreendem os direitos de propriedade industrial: patentes, desenhos industriais, marcas, indicações geográficas e, ainda, segredos industriais, congregando também a repressão à concorrência desleal.

Assim, da propriedade intelectual, destaca-se o tema de interesse desta Tese, a propriedade industrial, que é o ramo do direito que objetiva fornecer a proteção jurídica das invenções industriais (patentes), dos modelos de utilidade, dos desenhos industriais, das marcas (sejam elas de produto, de serviço; sejam de certificação e coletivas), dos segredos industriais e das indicações geográficas. Deste, de maior interesse ao estudo proposto, destacam-se os documentos de patentes.

2.1 PATENTES

A história da carta patente é curiosa e nasce a partir dos monarcas, que tinham por intenção conceder monopólios de exclusividade, dentro de seus limites territoriais, àqueles que dispunham de processos e produtos mais rentáveis. Esse prêmio de exclusividade objetivava reconhecer e atrair para dentro do território aqueles que desenvolviam produtos com diferencial concorrencial frente ao comércio intenso que se apresentava, acarretando não somente em uma vantagem competitiva, mas em lucros extraordinários revelados em impostos e divisas ao Estado concessionário. Assim, num primeiro movimento regulatório, a patente nasce da criação do monopólio da invenção na República de Veneza, em 1477, em um momento em que a Europa retoma o comércio com outras regiões, concedendo “aos inventores o uso exclusivo do novo conhecimento técnico de sua criação para a produção de mercadorias, recebendo a sociedade, em troca, a informação sobre esse novo conhecimento produtivo para uso público, para a geração de novos e mais evoluídos inventos” (MACEDO e BARBOSA, 2000; INPI, 2004).

Em outro momento, na Revolução Industrial da Inglaterra, a proteção exclusiva ressurge, em 1623, por meio do Estatuto dos Monopólios, em que a carta patente passou a ter outro significado, o de determinar que só fossem aceitos monopólios em que as patentes

estivessem relacionadas a uma nova invenção, além do objetivo original que objetivava proteger e privilegiar a exploração de produtos inéditos dentro de uma delimitação territorial específica (BARBOSA, 2005).

A concessão de monopólios aos diversos inventos a seus inventores percorreu a história até culminar, no século XIX, em leis nacionais de patentes, que conferiam proteção, *a priori*, aos inventores locais, isto é, aos nacionais de cada país. Institucionaliza-se, praticamente, um caminho contínuo no tempo à elaboração de leis nacionais, em função de parâmetros à proteção das invenções: Estados Unidos da América (EUA) (1790), França (1791), Holanda (1809), Áustria (1810), Rússia (1812), Suécia (1819), Brasil (1830), Espanha (1869), Alemanha (1877) e Japão (1885). Desses países, destacam-se os EUA, que em sua lei de patentes, a segunda do mundo, determinava que a garantia de exclusividade à exploração do invento estaria atrelada também à descrição detalhada da invenção, de modo a possibilitar o real desenvolvimento de novos inventos pela sociedade (BARBOSA, 2005; INPI, 2004).

Com o crescimento e desenvolvimento do comércio internacional, bem como com a decorrente divisão internacional do trabalho, reconheceu-se a necessidade de ampliar o escopo da proteção dos inventos desenvolvidos em um país para além de suas fronteiras territoriais, realizada através de um sistema de patentes, de modo que tais inventos fossem reconhecidos e protegidos em outros territórios, com a garantia de tratamento isonômico ao prestado a seus nacionais. Assim, em 1883 firmou-se o primeiro sistema “internacional” de patentes, por meio da Convenção da União de Paris (CUP), que aborda também, como já revelado neste trabalho, outros institutos da propriedade industrial, como, por exemplo, marcas e indicações de procedência. Sobre tal sistema, denota-se, entretanto, que o reconhecimento instituído não foi, de maneira alguma, uma chancela única internacional, isto é, uma patente internacional propriamente dita, mas, de outra forma, um sistema que demandou uma nova validação da invenção no território dos países signatários da CUP,

estando, portanto, os depósitos patentários sujeitos às legislações internas de cada país, mas que deveriam cumprir novas normas impostas pelo tratado a todos os membros, como a reciprocidade, independência de direitos, territorialidade e direito à prioridade de depósito (MACEDO e BARBOSA, 2000).

A partir da CUP, novos acordos foram assinados, de modo a regulamentar e parametrizar as legislações nacionais em suas regras ao reconhecimento das invenções, buscando o tratamento isonômico, mas, em um cenário reconhecidamente distante de um sistema único, internacional, em matéria de patentes.

Em 1967 foi criada a Organização Mundial da Propriedade Industrial (OMPI, ou WIPO, sigla em inglês), uma das 16 agências especializadas da ONU, dedicada ao estímulo à proteção da propriedade intelectual, mediante a cooperação dos Estados membros, trabalhando pela constante atualização e proposição de padrões internacionais de proteção às criações intelectuais em âmbito mundial, bem como com o objetivo de estabelecer e estimular medidas apropriadas ao fomento da atividade intelectual e promoção da transmissão de tecnologia para países em desenvolvimento, ratificada em novos tratados internacionais e modernização de legislações nacionais. Os exemplos mais marcantes da administração e gestão da OMPI são o Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT), o apoio ao Convênio Internacional para a Proteção de Obtenções Vegetais (UPOV), o Protocolo de Madrid, para o registro internacional de marcas e as negociações relativas à harmonização no âmbito de patentes e marcas e direito de autor (ONU, 2019).

Denota-se, ainda, a criação da Organização Mundial do Comércio¹³ (OMC, ou WTO, sigla em inglês), em 1986, instituída na Rodada do Uruguai, em 31 de dezembro de 1994, e instalada em Genebra, na Suíça, que inicia oficialmente seus trabalhos em 01 de janeiro de 1995. A OMC, dentro do seu sistema, possui três conselhos, dentre os quais, o de aspectos

¹³ Organograma disponibilizado pela *World Trade Organization* (WTO, em português, Organização Mundial do Comércio, OMC) (WTO, 2019).

relativos à propriedade intelectual. Ainda, a OMC está dividida em cinco órgãos, oriundos de acordos correlatos, dentre os quais o Acordo Sobre Aspectos dos Direitos da Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (ADPIC, ou TRIPS, sigla em inglês), firmado em 1994, que veio a ser uma importante ferramenta ao fomento no ramo da propriedade intelectual, fortalecendo o sistema de proteção em patentes (WTO, 2019). Os signatários do TRIPS comprometem-se a reconhecer os direitos materiais e processuais dos países membros da OMC, tendo que se adequar, por suas legislações internas, à observância mínima com relação à propriedade intelectual aos nacionais dos signatários do TRIPS, garantindo a isonomia jurídica de proteção dos nacionais e países estrangeiros membros (WTO, 2019), situação prontamente atendida na legislação brasileira (BRASIL, 1994).

A palavra patente vem do latim *patere*, que significa “acessível, aberto”, definindo precisamente a carta patente como um documento de acesso público, disponível a quem de interesse. A patente tem como base os princípios do Contrato Social de Jean-Jacques Rousseau¹⁴. Esse se fundamenta num pacto social, onde os cidadãos abrem mão de seus direitos individuais, concedendo este poder a uma autoridade constituída, de confiança e representativa. O Estado surge, portanto, decorrente deste acordo, deste contrato social, e passa a ter a incumbência de proteger e resguardar os cidadãos em sociedade, seus direitos a eles definidos, prevalecendo sempre a soberania política sobre a vontade coletiva (VIVALBA, 2013). Assim, não diferente, a patente se assemelha ao dito Contrato como um acordo entre o inventor e sociedade, onde o inventor, proprietário privado do conhecimento gerado na forma do invento, concede seu direito exclusivo ao Estado, que passa a ter a procuração pela proteção dos direitos do inventor, por tempo determinado, em troca do conhecimento em favor da sociedade (BRASIL, 1996).

¹⁴ Jean Jacques Rousseau (28 de junho de 1712 – 2 de julho de 1778), filósofo, teórico político, escritor e compositor autodidata suíço, foi um importante intelectual do século XVIII para se pensar na constituição de um Estado como organizador da sociedade civil assim como se conhece hoje (DUIGNAN e CRASTON, 2019).

Em bases mais claras, o Estado concede um monopólio restrito a uma dada invenção, permitindo a propriedade de “uso” exclusivo de um processo ou produto, que preencha os requisitos de patenteabilidade, que atualmente estão definidos como: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Deste reconhecimento e concessão de exclusividade o detentor do direito deve, em troca, divulgar em detalhes a sua invenção, de modo que a sociedade tenha o livre acesso ao conhecimento da matéria que foi objeto da patente. Ressalta-se, ainda, que o “acordo entre partes” tem validade temporal limitada, o que quer dizer que, após cumprido um período de exclusividade ao inventor, a mesma cai em domínio público, isto é, o conhecimento descrito na carta patente pode ser usado livremente por quem de interesse em toda a sociedade.

A divulgação pública dos conhecimentos advindos da carta patente faz da patente uma fonte importante de informação tecnológica, pois promove à sociedade novos conhecimentos técnicos, que fomentarão a promoção de novas invenções. Ademais, o monopólio de concessão restringe-se à produção industrial e à comercialização de produtos, processos e etc., isto é, ele não se impõe sobre a pesquisa, de forma que o conhecimento divulgado pode ser empregado livremente na mesma e, obviamente, no desenvolvimento de outros inventos que abarquem novos produtos e processos, bem como em aperfeiçoamentos de inventos do estado da técnica¹⁵.

O valor da patente está atrelado também aos outros poderes conferidos pelo Estado ao seu detentor. Destaca-se que uma patente tem um prazo de vigência, que no Brasil é de 20 anos, o que permite ao titular da patente o direito de exclusividade de fabricação, comercialização e etc. da matéria protegida, conforme determinado pela Lei da Propriedade

¹⁵ Estado da Técnica é relativo a qualquer informação relevante para uma determinada área tecnológica, ou seja, é constituído por toda informação tornada acessível ao público antes da data de depósito ou da prioridade. No caso, a informação disponível antes da data de depósito do pedido de patente compreende descrição escrita ou oral, por uso ou qualquer outro meio, no Brasil ou no exterior. Assim, a invenção e o modelo de utilidade são considerados novos somente quando não compreendidos no estado da técnica (BRASIL, 1996).

Industrial (BRASIL, 1996). Isto significa que a proteção de uma invenção, sem a propriedade/titularidade como detentor da patente, não pode ser produzida, distribuída, vendida, ou mesmo usada comercialmente sem o consentimento deste proprietário. Ademais, os direitos relativos às patentes são, em grande parte, aplicados nos tribunais, que detêm a autoridade para impedir a violação das mesmas. Por outro lado, este mesmo tribunal pode declarar uma patente inválida, após uma reivindicação de nulidade ser bem sucedida por um terceiro. Assim, o proprietário de uma patente tem garantido o direito de decidir quem pode, ou não, usar sua invenção patenteada ao longo do período na qual ela está protegida. Mas também, os detentores dos direitos de patente podem permitir, ou licenciar, a outras partes interessadas o direito ao uso exclusivo de suas invenções em termos mutuamente acordados, por contratos (WIPO, 2016; WIPO, 2004).

Por fim, os direitos patentários da invenção podem ser simplesmente vendidos à outra parte de interesse, a qual se torna o novo proprietário da patente. Por outro lado, quando uma patente expira, a proteção termina e a invenção entra em domínio público, significando que o proprietário não detém mais direitos exclusivos sobre a invenção, ficando esta disponível à exploração comercial por terceiros interessados (WIPO, 2016; WIPO, 2004).

2.1.1 Estrutura de um Documento de Patente

Segundo a Lei da Propriedade Industrial, no seu artigo 19 (BRASIL, 1996), um pedido de patente é constituído de relatório descritivo, reivindicações, desenhos (se for o caso) e resumo. Este arcabouço documental, que compreende o pedido de patente, é precedido por uma folha de rosto, onde se compila os tópicos principais e mais importantes do pedido de patente, na forma de informações bibliográficas. Tais informações são organizadas na forma de uma padronização internacional, que enumera os diversos campos específicos, como, por

exemplo, o título, que recebe o código (54), ou o depositante, que recebe o código (72). Este sistema bibliográfico é seguido por todos os escritórios de patente e é conhecido pela sigla INID, que significa *International Agreed Numbers for the Identification of Data* (INID, em português, Números de Identificação de Dados Acordados Internacionalmente)¹⁶.

Relativamente à parte documental dos pedidos de patentes, segundo o Bloco I das Diretrizes de Exame e Pedidos de Patente (INPI, 2012), o relatório descritivo deve: fazer referência a uma única invenção, ou grupo de invenções, que sejam inter-relacionadas, de maneira que estejam cobertas por um único conceito inventivo; ser específico quanto à área técnica da invenção; indicar e descrever o estado da técnica relevante para o completo entendimento da invenção, em que se destaque os problemas técnicos identificados em cada um dos documentos; revelar a invenção, assim como está reivindicada, para que problemas técnicos bem como a solução técnica sejam entendidos, estando explícitos os efeitos não óbvios e surpreendentes da invenção em relação ao estado da técnica; ressaltar a novidade da invenção proposta e destacar o efeito técnico alcançado; relacionar as figuras apresentadas nos desenhos; descrever a invenção de forma consistente, precisa, clara e suficiente, de maneira que um técnico no assunto possa realizá-la, e, quando necessário, revelar exemplos e/ou quadros comparativos, relacionando-os com o estado da técnica; e ressaltar a melhor forma de execução da invenção.

As reivindicações, por sua vez, devem definir a matéria para a qual se requer proteção; ser clara e precisa; e ser fundamentada pelo relatório descritivo. Ainda, ressalta-se que as reivindicações devem ser redigidas de modo a explicitar somente as características técnicas da invenção, isto é, sem o emprego de características relativas a vantagens ou outros aspectos

¹⁶ INID é um acrônimo para números internacionalmente acordados para a identificação de dados (bibliográficos). Códigos INID são usados por escritórios de patentes em todo o mundo para indicar itens de dados bibliográficos específicos nas páginas de título de patentes e publicações de pedidos de patente, e abrange uma lista de aproximadamente 60 dados bibliográficos distintos amplamente utilizados na primeira página de documentos de patentes, como título, data de publicação, data do documento de prioridade e etc. (WIPO, 2013).

não técnicos e devem ser interpretadas com base no relatório descritivo e desenhos. Por isso, não pode haver inconsistências entre o relatório descritivo e o quadro reivindicatório, já que traria dúvidas quanto à extensão da matéria que se pleiteia proteção e confere falta de clareza e precisão ao mesmo (INPI, 2012).

O resumo de um documento de patente deve conter palavras-chave para fácil recuperação, o que está relacionado à necessidade de uma correta publicidade da tecnologia abrangida pela invenção para toda a sociedade. Além disso, o resumo deve ter descrição concisa relativa ao domínio técnico da invenção, sua explicação técnica e, por vezes, a aplicação principal da mesma (INPI, 2012).

Por fim, os desenhos e as figuras, que compreendem gráficos, esquemas, fluxogramas e diagramas, servem para fornecer informações adicionais que auxiliam na compreensão da invenção e, por isso, tem sua exigência justificada quando for necessário um maior detalhamento da invenção (INPI, 2012).

Tendo em vista seu rico arcabouço de informações, a análise de documentos de patentes apresenta pontos positivos, como auxiliar no levantamento do estado da técnica, fomentar o estudo de trajetórias tecnológicas, ajudar a prover soluções a problemas técnicos, disponibilizar informações de tecnologias sobre oportunidades de licenciamento, associação e conhecimento a empresas, inventores e consumidores finais, auxiliar na identificação de concorrentes e monitorar suas atividades, qualificar a força de empresas em setores específicos e suas estratégias de proteção patentária, resguardar os direitos patentários de terceiros, identificar o grau de maturidade e de importância tecnológica de uma dada invenção e ajudar na formulação de políticas (AMPARO, RIBEIRO e GUARIEIRO, 2012).

Em contraponto, uma das principais limitações da busca em documentos de patentes está relacionada à fase de sigilo, que corresponde a 18 meses, contados da data de depósito. Neste caso, este “limbo documental” impede que a busca seja completa, notadamente para as

invenções mais novas depositadas. Ademais, quando uma patente é depositada, o tempo de indexação não é imediato para as bases de dados, o que vem conferir mais tempo (meses ou mesmo anos) para que o documento possa ser consultado publicamente (BRASIL, 1996).

2.2 PATENTES COMO FONTE DE INFORMAÇÃO

Como observado, as patentes fornecem uma fonte única e detalhada de informações sobre atividades inventivas. Junto com outras publicações, como artigos científicos, as patentes são um componente importante da literatura científica publicada no mundo. Particularmente, em muitas áreas técnicas, provavelmente devido ao potencial comercial de novas tecnologias, é um fato que uma parcela significativa das informações publicadas só é encontrada nas publicações patentárias. E, como conhecimento disponível, os dados de patentes tanto podem ser usados de maneira singular aos objetivos de um estudo específico, como na forma de uma variável à composição conjunta com outros dados de ciência e tecnologia, em validação cruzada (OECD, 2009).

Segundo o manual de Estatísticas de Patentes da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD, 2009), as patentes podem ser interpretadas como indicadores de invenção, já que são, reconhecidamente, uma maneira profícua a firmas, instituições ou indivíduos para proteger suas invenções. A despeito de considerar que antes que uma invenção se torne em uma inovação são demandados diversos outros esforços empreendedores ao seu desenvolvimento, fabricação e comercialização, os indicadores de patentes são poderosos ao transmitir informações sobre o resultado e processos das atividades inventivas. As patentes, portanto, protegem as invenções e, quando os critérios apropriados são aplicados, há uma relação entre o número de patentes e outros indicadores relacionados ao

desempenho inventivo, como a produtividade, participação de mercado e etc. (ARCHIBUGI e PLANTA, 1996).

Relativamente ao Brasil, é importante considerar que o país, em termos de América Latina, se diferencia de seus pares continentais por apresentar um número considerável em publicações acadêmicas. Nos últimos 20 anos, observou-se um aumento de cinco vezes no volume da produção científica do país, perfazendo mais do que dois terços do total de toda a região. Por outro lado, a taxa per capita em publicações é similar à apresentada pela Argentina, Chile e Uruguai, na mesma base e ano, e o impacto internacional das publicações é, por exemplo, inferior às publicações da Argentina (NASSI-CALÒ, 2014). Mas, a despeito da atividade em publicações acadêmicas do país, verifica-se que esta não é referendada quando se trata de patentes. De maneira distinta, o Brasil ainda engatinha quando o assunto é o número de depósitos patentários.

O último relatório publicado pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), *World Intellectual Property Indicators 2018* (Indicadores da Propriedade Intelectual no Mundo 2018), revela que mais de três milhões de depósitos de patentes foram realizados em 2017, o que configura um crescimento de 5,8% relativamente ao ano de 2016. Este, por sua vez, apresentou o recorde de crescimento em depósitos patentários em um ano, de 8,3% frente ao ano de 2015 (WIPO, 2018), o que leva a inferir um firme crescimento no caminho à adoção e à confiabilidade do sistema patentário como via de proteção dos interesses econômicos de empresas e inventores, em especial as principais potências econômicas mundiais.

Destacam-se dos números a manutenção das altas taxas de crescimento em depósitos de patentes na China, em seu escritório de patentes (*State Intellectual Property Office of People's Republic of China - SIPO*), que correspondeu a mais de um milhão de depósitos patentários (1.381.594), o que representa um crescimento de 14,2% em relação ao ano de

2016, ou seja, 43.091 depósitos frente a 2016. Cabe ressaltar, neste caso, que a China teve uma redução numérica na elevação dos depósitos patentários em relação a 2016 (acréscimo de 236 mil depósitos), ocasionado por uma revisão no seu sistema de contabilização, que passou a considerar na contagem de depósitos válidos somente aqueles que cumprissem todas as exigências, como de taxas, à formalização dos ditos depósitos de patentes. Desta forma, mesmo assim, verifica-se que não houve uma redução ou interrupção no crescimento contínuo de depósitos de patentes na China ao longo dos anos (WIPO, 2018).

Ainda, do citado relatório, vislumbra-se que a China passou a responder, sozinha, por 43,6% dos depósitos patentários de todo o mundo, superando a soma do total de depósitos combinados nos escritórios dos Estados Unidos da América (EUA) (*United States Patent and Trademark Office* - USPTO: 606.956), do Japão (*Japan Patent Office* - JPO: 318.479), da Coréia do Sul (Korean Patent Office – KIPO: 204.775) e do Escritório Europeu de Patentes (*European Patent Office* - EPO¹⁷: 166.585). Adicionalmente, cabe considerar que os cinco escritórios citados somaram 84,5% do total mundial em depósitos de patentes em 2017, superando o percentual de 75,2%, observado no ano de 2007, para o valor acumulado dos mesmos escritórios, o que decorre numa elevação considerável na concentração de depósitos destes cinco escritórios frente a todos os outros escritórios existentes no mundo (WIPO, 2018).

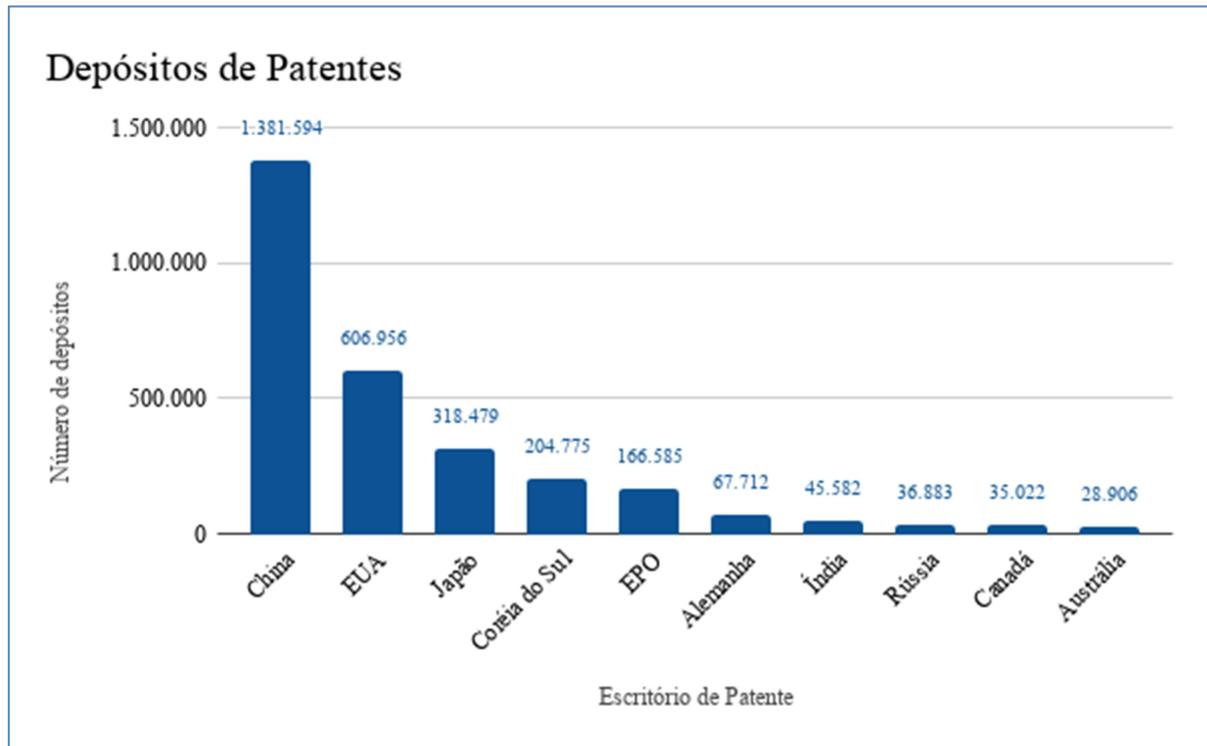
Em relação aos outros maiores escritórios em 2017, em números de depósitos de patentes, destacam-se: Alemanha (67.712), Índia (45.582), Rússia (36.883), Canadá (35.022), Austrália (28.906), Brasil (25.658), Reino Unido (22.072), México (17.184), Iran (16.259) e França (16.247). Como pode ser observado nos números, o relatório revela que o Brasil foi

¹⁷ A *European Patent Organization* (EPO, em português, Organização Européia de Patentes), é o escritório europeu de patentes, compostos de Estados membros. A EPO é uma organização intergovernamental, criada em 7 de outubro de 1977, contando, atualmente, com 38 Estados membros, incluindo todos os estados membros da União Européia, a Albânia, a Macedônia do Norte, a Islândia, Liechtenstein, Mônaco, Noruega, San Marino, Sérvia, Suíça e Turquia. Denota-se que os escritórios nacionais dos Estados membros da EPO recebem menores volumes de pedidos, já que os solicitantes podem solicitar, através da EPO, a proteção patentária dentro de qualquer estado membro da EPO (EPO, 2018).

superado pela Austrália na classificação ordenada de escritórios mais importantes aos depósitos patentários, sendo o resultado decorrente da queda de 8,4% em depósitos de patentes no Brasil. Cabe ressaltar que a queda em depósitos de patentes no Brasil já se segue pelo quarto ano seguido, estando o país no restrito e contraditório grupo de países onde ocorreu decréscimo em depósitos patentários, que compreende ainda: Rússia (-11,3%), Hong Kong (China) (-5,6%) e Indonésia (-3,5%) (WIPO, 2018).

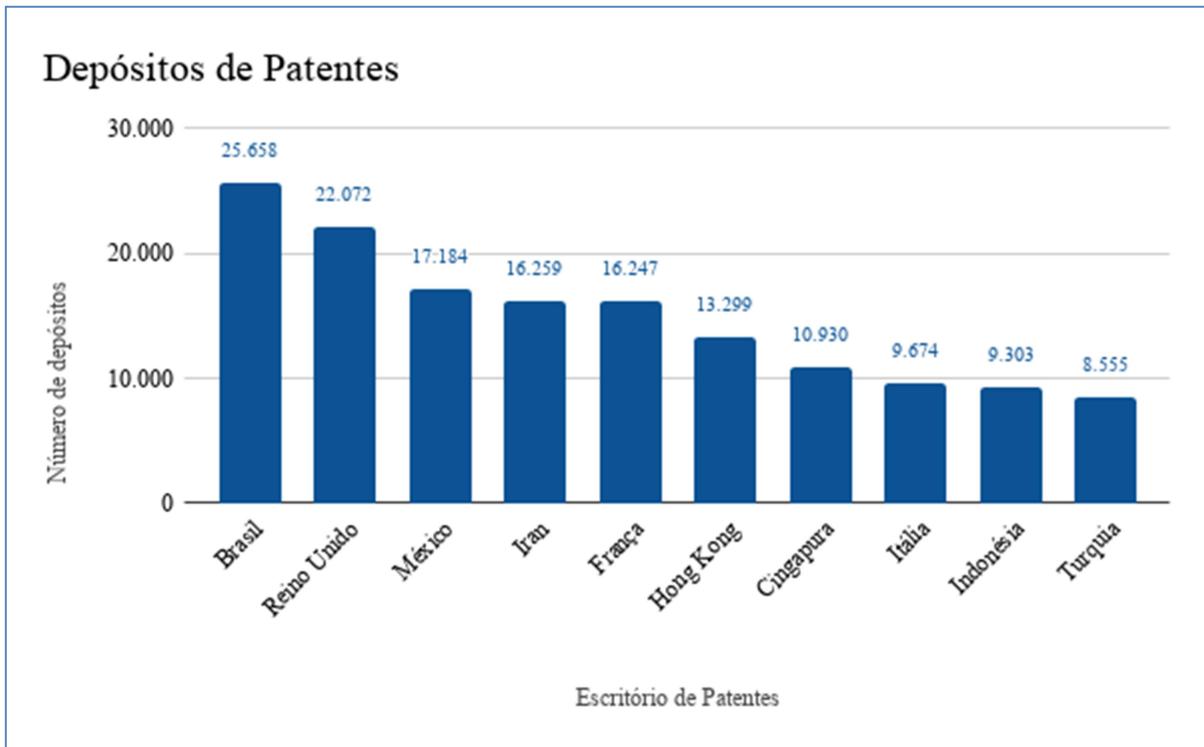
A Figura 2 e a Figura 3 discriminam graficamente os dados ora explicitados no texto acima, com o objetivo imediato de proporcionar uma melhor visualização das diferenças entre o número de depósitos patentários nos 20 maiores escritórios de patentes do mundo.

Figura 2: Depósitos de patentes nos maiores escritórios, em ordem numérica, do 1º ao 10º.



Fonte: Elaboração própria a partir de WIPO (2018).

Figura 3: Depósitos de patentes nos maiores escritórios, em ordem numérica, do 11º ao 20º.



Fonte: Elaboração própria a partir de WIPO (2018)

Relativamente às patentes concedidas, aproximadamente 1,4 milhão de patentes foram concedidas, em 2017, mundialmente; valor este que representa um acréscimo 3,9% em patentes concedidas com relação aos valores de 2016, fazendo parte de um ciclo de crescimento contínuo, ano a ano, que já perdura por 17 anos consecutivos. Neste âmbito, a China concedeu o maior número de certificados de patentes em 2017, com 420.144, seguido pelos EUA, com 318.829, Japão, com 199.577, Coréia do Sul, com 120.662, e EPO, com 105.645 patentes concedidas. Denota-se que, da mesma forma que nos depósitos, os cinco escritórios citados representaram a maioria das patentes concedidas mundialmente, isto é, 83% do total mundial. Pode-se destacar ainda, na lista de países intermediários, o México, o Brasil, a Malásia e a África do Sul, que emitiram, respectivamente, 8.510, 5.450, 5.063 e 5.535 certificados patentários (WIPO, 2018).

Relativamente às patentes válidas, isto é, ainda dentro do período médio de aplicação de 20 anos, verifica-se que tais patentes alcançou o número impressionante de 13,7 milhões,

especialmente quando comparados com as 8,5 milhões de patentes válidas em 2008. O relatório revela que os EUA lideraram em 2017, com 2.984.825 patentes válidas, seguido pela China (2,09 milhões), Japão (2,01 milhões), Reino Unido (1,24 milhão) e Coréia do Sul (970.889), em que se destaca, novamente, a China, que obteve crescimento médio anual de 20,5% entre 2010 e 2017. Quanto ao Brasil, o país aparece apenas com 25.664 patentes válidas. Assim, entende-se que o Brasil ainda é, de fato, marginal em termos de proteção tecnológica por via patentária, mesmo de não residentes (WIPO, 2018).

A despeito da aparente pouca importância dada pelo Brasil ao sistema patentário, verifica-se que, no mundo desenvolvido, cada vez mais empresas investem em novas e importantes tecnologias, competindo em diversos mercados e protegendo seus inventos por meio do sistema de patentes. O sistema, pelos números relevantes ora considerados nos parágrafos acima, não se mostra somente pujante por meio do seu crescimento numérico contínuo ao longo dos anos, positivamente em número de patentes depositadas, concedidas e válidas, mas revela também uma busca inconteste ao desenvolvimento dos diversos atores em seus produtos, de modo a alcançar o objetivo maior de obter uma vantagem competitiva de mercado, que se configure no lucro extraordinário da firma (INPI, 2013).

Relativamente à pesquisa em foco, dada à demonstração do cenário patentário mundial e sua importância, entende-se que o documento patentário é, sem dúvida, um excelente indicador para atividades inovadoras, visto que propicia ao pesquisador, dentro do processo de registro da invenção e inovação, a coleta de informações sobre o “fenômeno intangível do conhecimento” (ARCHIBUGI, 1992). Outros autores também apostam que as patentes são importantes indicadores da inovação tecnológica, bem como um indicador fidedigno para se avaliar as diferenças entre as atividades inovadoras desenvolvidas nas diferentes firmas (SIRILLI e EVANGELISTA, 1998; GRILICHES, 1990). Neste ponto, verifica-se que a análise de dados aplicadas em patentes é uma importante atividade metodológica para o

entendimento de vários aspectos das mudanças tecnológicas em um dado setor, no mundo e, mais especificamente, para o espectro que se pleiteia ao presente estudo, no Brasil. Assim, a medida do desenvolvimento tecnológico de um país passa, irrefutavelmente, pela busca e análise de depósitos de patentes e de patentes válidas.

É importante destacar que um pedido de patente é solicitado quando há um desenvolvimento de um produto novo, ou quando apresenta um salto tecnológico incremental frente a, por exemplo, a um produto ou método, que aperfeiçoe algo já existente. Assim, as patentes posicionam-se como uma ferramenta eficiente à análise da evolução tecnológica a partir do estado da técnica, isto é, do estado em que se encontra a inovação tecnológica. Portanto, os documentos de patentes são de grande relevância à análise prospectiva da propriedade industrial (RIVETTE e KLINE, 2000).

As patentes tem seu valor, primeiramente, porque os documentos são uma forma de conhecimento tangível, que dispõe de proteção legal, e, em segundo lugar, porque os documentos patentários se traduzem como uma fonte eficaz para se extrair informações tecnológicas, que são passíveis de análises, estudos e monitoramento mais complexo, como a de atuação das empresas em mercados diversos (OECD, 2009).

Assim, a partir do entendimento e tratamento correto dos documentos patentários, pode-se obter uma identificação correta do estado da técnica de uma determinada tecnologia, e, a partir desta identificação, a formulação de tendências tecnológicas para setores específicos, assim como prover um monitoramento de investimentos em P&D dos diversos atores de mercado, a identificação dos recursos humanos que compreendem competências específicas e etc. (SOUZA, AGUIAR e MENDES, 2010). Além disso, segundo Alves (2003), existem pesquisas que prospectam elementos específicos das patentes, aplicando-os à correlação entre o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico, bem como para com os processos de inovação e à expectativa futura.

2.3 ORGANIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE PATENTES

Tendo em vista a dimensão e a importância internacional dos documentos de patentes à proteção tecnológica, fez-se necessária uma organização adequada para que as informações pudessem ser facilmente acessadas e qualificadas em função de seu objetivo final, seja um simples consulta ou mesmo uma busca com objetivos ao estudo de rotas tecnológicas.

Assim, por volta de 1920 são iniciadas as primeiras discussões no sentido de padronizar e organizar as informações dos documentos de patentes, de modo a facilitar a busca e recuperação dos mesmos. Todavia, somente em 19 de dezembro de 1954, na Convenção Europeia, é que um primeiro texto foi oficialmente redigido, denominando a Classificação Internacional de Patentes (IPC, sigla em inglês), tendo seu texto publicado em 1969 (OLIVEIRA, SUSTER, *et al.*, 2005).

A Classificação Internacional de Patentes (IPC) foi estabelecida pelo Acordo de Estrasburgo, de 1971, e prevê um sistema hierárquico de símbolos, que são independentes da linguagem, para a indexação de documentos de patentes e modelos de utilidade, estando de acordo com as diferentes áreas de tecnologia às quais pertencem (WIPO, 2018).

A IPC está organizada atualmente através de oito grandes grupos, denominados de seções, compreendendo em torno de 70.000 subdivisões, codificadas por um símbolo que consiste de numerais em arábico e letras no alfabeto em Latim. Tais símbolos, chamados indexadores, são designados a cada documento de patente pelo escritório nacional ou regional de propriedade industrial onde o depósito é realizado, de modo a qualificar o mesmo quanto ao domínio da invenção, em seus parâmetros bibliográficos. Para documentos PCT, os indexadores IPC são atribuídos pela *International Searching Authority* (ISA, em português, Autoridade Internacional de Busca) (WIPO, 2018).

Denota-se que, atualmente, somente 62 Estados nacionais fazem parte do Acordo de Estrasburgo, entretanto a indexação pela classificação IPC é usada pelos escritórios de patentes de mais de 100 Estados nacionais, quatro escritórios regionais e pela Secretaria da OMPI na administração do Tratado de Cooperação em Patentes (PCT) (1970) (WIPO, 2018; JUNGMANN e BONETTI, 2010).

Dentre as utilidades da IPC, pode-se destacar a sua função indispensável à recuperação de documentos de patentes na definição do estado da técnica de uma dada invenção. Ainda, a busca é útil para os diversos atores envolvidos, como, por exemplo, para as autoridades emissoras das patentes, os potenciais inventores, as unidades de pesquisa e desenvolvimento, bem como para outras pessoas envolvidas com a aplicação ou desenvolvimento de determinada tecnologia (OLIVEIRA, SUSTER, *et al.*, 2005).

O IPC é revisado continuamente por um comitê de especialistas, e uma nova versão é publicada regularmente, entrando em vigor, todos os anos, em primeiro de janeiro, onde as versões mais atuais e anteriores estão disponíveis para consulta em idioma inglês e francês (WIPO, 2018; JUNGMANN e BONETTI, 2010).

A Tabela 2 exemplifica a indexação de uma classificação específica IPC, indicando os níveis hierárquicos, em subdivisões, relativamente ao código IPC, assim como o símbolo e os títulos relativos a cada especificação. Como já comentado, verifica-se que quanto mais baixo está disposto o nível hierárquico, maior é o detalhamento da tecnologia. Este maior detalhamento pelo mais baixo nível hierárquico é o objetivo final do sistema de classificação de patentes.

Tabela 2: Exemplo de indexação hierárquica de uma patente pela classificação IPC.

E21B 43/22		
Subdivisão	Exemplo de um código IPC	
	Símbolo	Título
Seção	E	Construções fixas.
Subseção	E21	Perfuração do solo; Mineração.
Classe	E21B	Perfuração do solo ou rocha; Obtenção de óleo, gás, água, materiais solúveis ou fundíveis, ou lama de minerais de poços.
Subclasse	E21B 43	Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços.
Grupo	E21B 43/16	Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos.
Subgrupo	E21B 43/22	Emprego de produtos químicos ou de atividade bacteriana.

Fonte: Elaboração Própria a partir de WIPO (2019b).

2.4 A PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM PATENTES

A prospecção tecnológica refere-se às atividades de prospecção focadas nas mudanças tecnológicas, bem como nas mudanças da capacidade funcional ou mesmo do significado e/ou tempo de uma inovação. Ainda, a prospecção tecnológica tem por objetivo incorporar a informação ao processo de gestão tecnológica, de modo a tentar predizer os possíveis cenários futuros da tecnologia, ou as condições que venham a afetar sua contribuição para com metas previamente estabelecidas (AMPARO, RIBEIRO e GUARIEIRO, 2012). Portanto, a prospecção tecnológica pode ser entendida como um método sistemático para mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, os quais são capazes de influenciar de forma significativa a sociedade, a economia e as firmas, como um todo. Em contraponto aos

métodos clássicos de previsão, que visam antecipar um suposto futuro como única alternativa, os métodos prospectivos são elaborados pela premissa de muitos futuros possíveis (KUPFER e TIGRE, 2004).

Ainda, denota-se que a prospecção tecnológica pode ser voltada para a identificação de mercados, ou ainda ser aplicada como um método de rastreamento de capacitações tecnológicas de um determinado setor. Para tanto, esta necessita se tornar em uma ferramenta de rotina, para fomentar o correto entendimento da realidade, já que o seu emprego objetiva simplificar o entendimento das complexas questões, atuais e futuras, que envolvem a propriedade intelectual, a fim de influenciar acertadamente nos processos de tomada de decisão (QUINTELLA, MEIRA, *et al.*, 2011).

A melhoria da gestão da inovação também é um fator importante, visto que por meio dela é possível ampliar o senso crítico e a visão de longo prazo para minimizar gargalos tecnológicos do presente e do futuro (QUINTELLA, MEIRA, *et al.*, 2011). Devido a isso, a atividade prospectiva pode ser definida como um processo pelo qual se podem entender as forças que moldam o futuro distante, de longo prazo, que devem ser consideradas pelas tomadas de decisão realizadas no presente (COATES, 1985).

Amparo e colaboradores (2012) acrescenta ainda que a análise prospectiva tem por objetivo de que hoje sejam feitas as escolhas que contribuirão, efetivamente, para a construção do futuro ideal, corroborando em seu entendimento de que as metodologias prospectivas empregadas atuam como ferramentas decisivas ao entendimento das forças que orientam o futuro.

Segundo Godet (2008), são quatro as atitudes possíveis a serem tomadas frente às mudanças tecnológicas: a atitude passiva, onde a empresa sofre as consequências das mudanças; a atitude reativa, onde a empresa reage após o fato; a atitude pré-ativa, onde a empresa prepara antecipadamente frente às mudanças que virão; e a atitude pró ativa, onde as

mudanças são promovidas pela empresa. Neste caso, o método prospectivo constitui-se em uma antecipação, ou pré-ativa ou proativa, pois a busca de informações presentes, que levam a inferências sobre as mudanças que estão ocorrendo ou podem ocorrer no futuro, é uma forma explícita de preparo e antecipação às mudanças. Assim, a prospecção tecnológica configura-se numa antecipação, com a finalidade de esclarecer a ação do presente frente aos possíveis cenários futuros e desejáveis. Ademais, é certo que, ao se preparar para as mudanças previsíveis, não há qualquer impedimento ou restrição de agir para provocar as mudanças desejadas, pois a antecipação não irá se transformar em ação sem a apropriação da mesma pelos seus interessados (GODET, DURANCE e DIAS, 2008).

Relativamente ao processo prospectivo em si, (MAYERHOFF, 2008) define que existem quatro fases possíveis: a fase preparatória, onde ocorre a definição da abordagem, dos objetivos, do escopo e da metodologia a ser empregada; a fase pré-prospectiva, onde se detalha a metodologia a ser empregada, e onde se realiza o levantamento da fonte de dados; a fase prospectiva propriamente dita, onde se realiza a coleta, tratamento e análise dos dados brutos; e, por fim, a fase pós-prospectiva, onde há o retorno dos resultados analíticos, a implantação das ações e o monitoramento.

Os métodos de prospecção podem, ainda, ser organizados em: monitoramento, onde se realiza o acompanhamento sistemático e constante dos acontecimentos que estão associados à mudança; métodos de previsão, que a partir de informações históricas e modelagem de tendências podem-se realizar projeções futuras; e métodos baseados na visão de futuro, que são baseados nas construções subjetivas de especialistas e sua interação não estruturada (MAYERHOFF, 2008).

Como já destacado neste estudo, um pedido de patente é solicitado pelo seu inventor tem por objetivo resolver problemas técnicos, seja por meio de novos produtos, métodos, usos, bem como por ação de um avanço incremental, um aperfeiçoamento, de alguma outra

invenção já existente. Assim, a prospecção tecnológica empregando documentos de patentes é, de fato, uma ferramenta muito eficaz na análise do estado da técnica e, obviamente, para o entendimento da rota da inovação tecnológica. Este “rastreamento da inovação” pode ter objetivos diversos, como, por exemplo, voltado a entendimento de mercado de um dado país ou região, bem como pode estar direcionado a entendimentos de setores específicos, como o monitoramento de investimentos em P&D das firmas, na identificação de recursos humanos com determinadas competências e etc., abrangendo, portanto, inúmeras áreas de interesse estratégico (ARCHIBUGI, 1992; ARCHIBUGI e PLANTA, 1996).

3 PROPRIEDADE INTELECTUAL E PETRÓLEO

3.1 PETRÓLEO

A importância determinante do petróleo reside no fato de que ele é uma fonte de energia muito versátil e poderosa. O petróleo é, provavelmente, a substância mais importante de consumo da sociedade moderna, pois este não fornece somente matérias-primas para produtos diversos, mas, notadamente, é o combustível necessário à produção de energia e de grande emprego na indústria e vida cotidiana. Desta forma, não é difícil imaginar que e o petróleo desempenha um papel tão dominante que, se os suprimentos de petróleo fossem cortados de maneira imediata e irrestrita, quase toda a sociedade seria impactada, especialmente a cadeia de manutenção da economia mundial e de sobrevivência humana. Os impactos decorrentes pela falta de transporte e logística de bens de consumo, partindo da falta de energia elétrica, responsável desde a conservação de alimentos até a manutenção do funcionamento de equipamentos essenciais à vida em hospitais, seriam incalculáveis. De tudo, cabe ainda destacar que sem esta fonte, até nossa segurança pessoal seria ameaçada, pois nossas forças de segurança, militares ou policiais, estariam, em grande parte, imobilizadas.

A falta do petróleo, ainda, denotaria uma necessidade premente da humanidade em encontrar outras fontes alternativas comparáveis em suas qualidades, como sendo confiáveis ao fornecimento contínuo de energia, que compreendesse, dentre suas qualidades, além da sua elevada densidade energética, disponibilidade, fácil transporte, manuseio e estocagem, custo tecnológico-econômico viável e etc.

Já existem muitas outras fontes de energia alternativas ao petróleo, já em uso rotineiro, de fontes de origem renovável ou não, em que se incluem a geração de energia a partir de: biomassa (madeira, resíduos sólidos e biocombustíveis, como biogás, etanol e biodiesel), gás

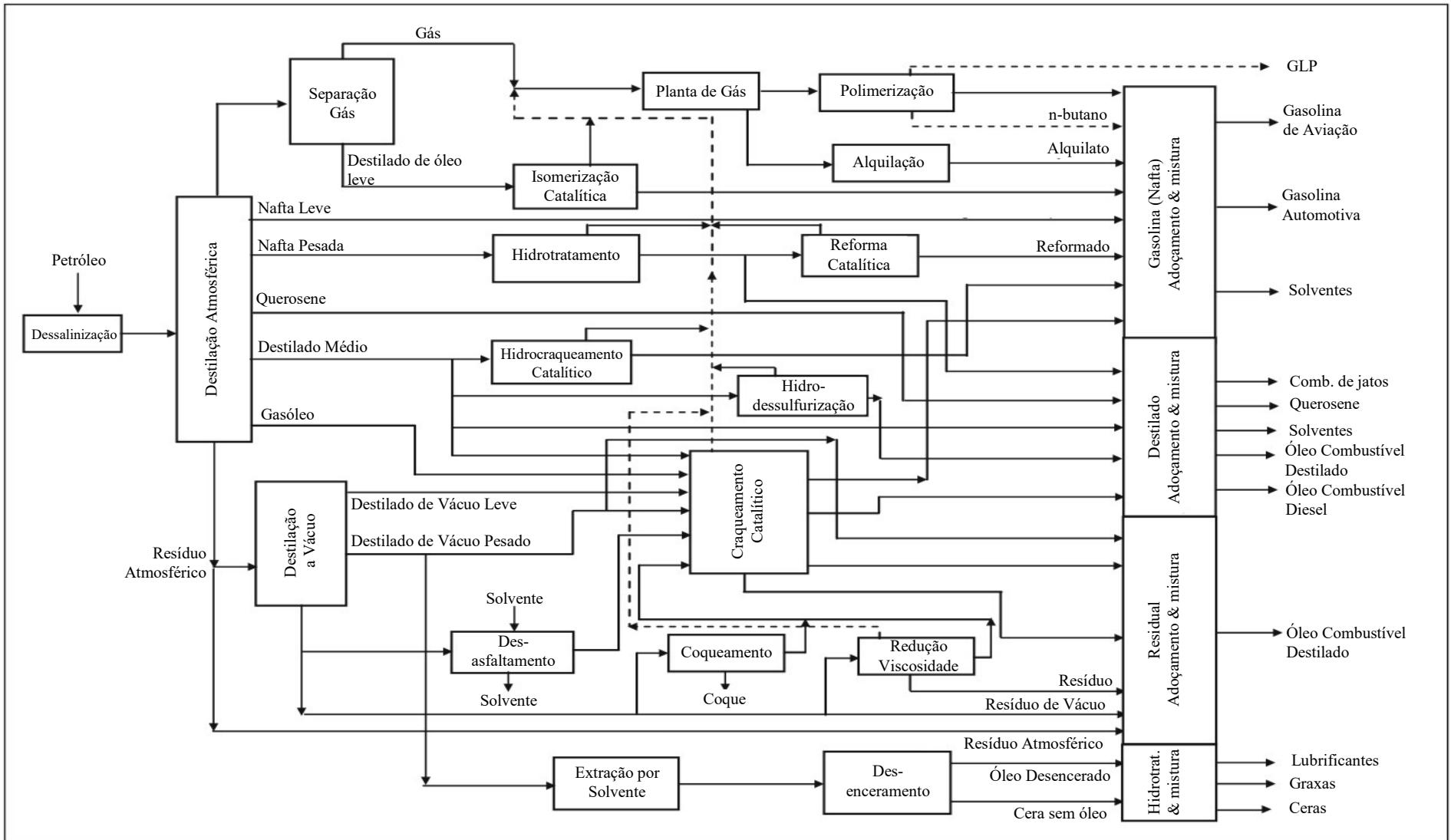
natural, carvão mineral, energia nuclear, energia geotérmica, energia solar, energia eólica e energia da água (hidroelétricas). Entretanto, denota-se que o petróleo continua, de fato, como o grande ator na participação da matriz energética mundial e, provavelmente, continuará assim por muitos e muitos anos. É claro que o ideal seria que houvesse uma fonte de energia limpa e renovável em contraponto às fontes de energia finitas e poluidoras, mas esta realidade ainda não é factível, como já apontado por este estudo.

3.2 PETRÓLEO: DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO

A palavra petróleo deriva do latim *petra* e *oleum*, que significa óleo de pedra ou de rocha, adotado na Roma Antiga e na Grécia, e refere-se a hidrocarbonetos encontrados nas rochas sedimentares, podendo se combinar de várias e diferentes maneiras na formulação de compostos, podendo formar gases, líquidos, semissólidos ou sólidos, como, por exemplo, o asfalto, semissólido usado na pavimentação de rodovias (SPEIGHT, 2014). Ainda, o termo petróleo bruto, ou óleo cru, refere-se ao petróleo em seu estado "bruto" ou não refinado, isto é, o petróleo que sai do poço de produção. Este petróleo, então, transportado para uma refinaria, é tratado e separado em seus componentes, ou derivados, tais como gasolina, querosene de aviação, óleo combustível, óleo diesel e etc. (vide esquema de uma refinaria moderna na Figura 4) (FAGAN, 1991).

Acrescenta-se à definição que o petróleo constitui-se numa substância de característica oleosa, de cheiro característico e inflamável, sendo, geralmente, menos denso que a água, com coloração variando entre o negro e o castanho escuro (THOMAS, 2004). A definição corrobora com a do dicionário Houaiss (2004), que define petróleo como “óleo natural de coloração escura, constituído, quase que exclusivamente, de hidrocarbonetos”.

Figura 4: Fracionamento de petróleo em refinaria moderna.



Fonte: Adaptação própria a partir de Fahim, Al-Sahhaf & Elkilani (2009).

3.3 O PETRÓLEO NO MUNDO

O petróleo está presente na história da humanidade desde a antiguidade, remontando a 4.000 A.C., onde foi encontrado em poços rasos, de pouca profundidade, ou em afloramentos explícitos na superfície terrestre. No início, o petróleo bruto era utilizado para diversos fins, essencialmente aplicado com finalidades medicinais, mas também como lubrificante de equipamentos e armas, assim como na calefação de embarcações e até como laxativo. Suas propriedades específicas também favoreciam o seu emprego no assentamento de tijolos, na vedação de muros e pavimentação de estradas, na forma de betume. Nas guerras, sua importância estava atrelada às suas propriedades inflamáveis, sendo empregado em batalhas navais, como material inflamável, e, principalmente, no cerco a cidades e fortificações. É interessante notar que o uso do petróleo para os fins citados esteve restrito ao Oriente Médio, aos povos da Mesopotâmia, do Egito, da Pérsia e da Judéia, em que se destaca que sua utilização, naquelas variadas formas, nunca se estendeu por completo ao Ocidente (YERGIN, 2018).

Segundo Yergin (2018), o local em que uso do petróleo foi mais comum, na época medieval, foi na região de Baku, na península de Asperon, às margens do Mar Cáspio, onde hoje se localiza o Azerbaijão, sendo produzido em escala comercial, quando Marco Polo viajou pelo norte da Pérsia em 1271. Por volta de 1700, os primeiros poços de petróleo foram perfurados e no fim do século XVIII o petróleo era extraído de poços rasos daquela região, especialmente à produção de querosene destinado à iluminação, obtido em destilarias primitivas.

Mais detalhadamente, o primeiro poço exploratório do mundo foi aberto na cidade de em Bibi-Heybat, próximo a Baku, no Azerbaijão, no ano de 1846, com uma profundidade de 21 metros, onde também foi implantada a primeira destilaria de petróleo, em 1847 (*apud*

MORAIS, 2013; ALBERINI, 2011). Denota-se que o Azerbaijão se tornou o maior produtor de petróleo no século XIX e, no final do século XIX, sua produção era de mais da metade da produção mundial (ALBERINI, 2011).

Na primeira metade do século XIX, na Europa Ocidental, o petróleo renasceu como uma pequena indústria para a fabricação de querosene para iluminação, usado em lampiões rudimentares. Na década de 1850, a procura por fontes mais volumosas de petróleo se acentuou. Ainda em 1850, James Young, na Escócia, descobriu que o petróleo podia ser extraído do carvão e xisto betuminoso, e, para tanto, criou processos de refino específicos (MORAIS, 2013).

Diante da necessidade de se aumentar a produção de querosene, combustível cujas condições de uso e preço eram mais favoráveis que os demais combustíveis então utilizados na iluminação, já que o óleo destilado do carvão era muito poluente, o óleo de baleia encontrava-se com os preços em forte alta, em decorrência da diminuição da população de cetáceos nos mares, e o gás destilado do carvão era caro, novos poços começaram a ser prospectados. Além disso, a revolução industrial em andamento necessitava de melhores lubrificantes para uso nos maquinário das fábricas, em substituição às gorduras animais e aos lubrificantes derivados do carvão ora empregados (MORAIS, 2013). Assim, em 1857, o primeiro poço comercial foi perfurado na Romênia. Em seguida, em 1858, foi perfurado o primeiro poço de petróleo, no Canadá (ALBERINI, 2011).

Em agosto de 1859, o estadunidense Edwin Laurentine Drake, por meio da empresa *Pennsylvania Rock Oil*, perfurou o primeiro poço nos Estados Unidos, a uma profundidade de 21 metros, na localidade de Titusville, no estado da Pensilvânia. No local já se coletava petróleo proveniente de exsudações naturais na superfície. O poço pioneiro revelou-se excelente produtor, com uma produção que alcançou 25 m³ por dia. A data, então, passou a ser considerada, pelos norte-americanos, a do nascimento da indústria petrolífera moderna. A

partir daí, diversas acumulações de petróleo foram descobertas e colocadas em produção, de tal forma que, em quinze meses, já existiam mais de 70 poços produzindo no Estado da Pensilvânia. A produção de petróleo nos Estados Unidos, de dois mil barris em 1859, aumentou para aproximadamente 450 mil barris em 1860, para três milhões em 1862 e para dez milhões de barris em 1874 (MORAIS, 2013; ALBERINI, 2011; YERGIN, 2018). Assim, a partir da descoberta pioneira realizada por Edwiin L. Drake, em Titusville, o petróleo passou a ser protagonista da mais competitiva indústria energética da história da humanidade, sendo responsável pela fundação das bases de toda uma indústria tecnológica impulsionadora do desenvolvimento.

Como observado, o viés econômico do petróleo iniciou-se, portanto, no começo do século XIX, ao ser utilizado como fonte de energia, vindo substituir o gás que era proveniente da destilação do carvão vegetal, utilizado para a iluminação pública, o chamado "petróleo iluminante". Socialmente, o período foi uma incontestável revolução, pois a produção de querosene a preços reduzidos, fornecendo iluminação de melhor qualidade, veio mudar o modo de vida e os hábitos nas cidades e nas zonas rurais dos Estados Unidos, visto que possibilitou a extensão da jornada de trabalho até a noite e a uma maior disponibilidade de tempo às atividades noturnas, como aplicadas para estudos e trabalhos intelectuais, ou atividades de comércio e etc. (MORAIS, 2013).

Por outro lado, a aplicação como iluminante se estendeu somente até as décadas de 1870 e 1880, quando observada a sistematização e desenvolvimento da energia elétrica por Thomas Edison¹⁸, que suplantou quase que integralmente todas as outras fontes de iluminação, ocasionando um impacto negativo muito significativo na demanda por querosene,

¹⁸ Thomas Alva Edison (11 de fevereiro de 1847 — 18 de outubro de 1931) foi um empresário dos Estados Unidos que patenteou e financiou o desenvolvimento de muitos dispositivos importantes de grande interesse industrial. O “feiticeiro de Menlo Park”, como era conhecido, foi um dos primeiros a aplicar os princípios da produção maciça ao processo da invenção. Na sua vida, Thomas Edison registrou 2332 patentes. A lâmpada incandescente e o fonógrafo foram algumas de suas principais invenções (NATURE, 1947).

o principal produto da então indústria de petróleo. Com isto, o interesse comercial sobre o petróleo reduziu-se grandemente, significando uma desgraça iminente não só para indústria americana de petróleo, mas também a indústria global. Cabe ressaltar que na época, em detrimento ao desejável querosene, outros produtos petrolíferos, como gasolina, gás, diesel, etc., produzidos em conjunto com o querosene, eram apenas subprodutos, geralmente descartados à noite nos mares ou rios (HÉMERY, DEBEIR e DELÉAGE, 2007).

O iminente colapso da indústria de petróleo foi revertido pelo evento inesperado da invenção de máquinas de combustão interna, como automóveis, maquinarias de fábrica e etc., o que se apresentou como um mercado lucrativo para os outros produtos petrolíferos quase sem valor, especialmente a gasolina, o gás, o diesel e os lubrificantes. Assim, definitivamente, o petróleo passou a ter importância comercial suficiente para ser explorado *ad infinitum*, em todo o mundo (HÉMERY, DEBEIR e DELÉAGE, 2007).

Com os avanços tecnológicos, o petróleo surgiu como a fonte de energia preferida no século XX, pois os automóveis e a demanda por eletricidade cresceram exponencialmente e, com elas, a demanda por uma matriz energética mais viável, economicamente e ambientalmente, e de fácil acessibilidade. No ano de 1919 as vendas de gasolina excederam as de querosene, ou seja, a superação de um importante marco, acompanhado pelo aumento da produção de óleo diesel e lubrificante, para uso em navios, trens e máquinas em geral, o que viabilizou a procura por novas jazidas de petróleo. Denota-se ainda que os navios, caminhões, tanques e aviões movidos a derivados de petróleo na Primeira Guerra Mundial provaram que o petróleo não era apenas uma fonte de energia estratégica, mas também um ativo militar essencial, inclusive de domínio e influência geopolítica (YERGIN, 2018).

Após seis anos de findada a Primeira Guerra Mundial, em 1925, os maiores produtores de petróleo eram os Estados Unidos, que detinham 70% da produção mundial, bem como o México, a Rússia, a Pérsia (Irã), as Índias Orientais Holandesas (Indonésia), Venezuela e

Romênia. Também já se produzia petróleo na Argentina, descoberto na Patagônia, em 1907, no Equador, em 1917, e no Peru e Colômbia (YERGIN, 2018; HÉMERY, DEBEIR e DELÉAGE, 2007).

Sobre tudo o que foi descrito, cabe ressaltar que o caminho de proeminência da indústria petrolífera mundial reporta capítulos curiosos pela disputa do “ouro negro”, como a de John Davidson Rockefeller¹⁹, que se tornou o primeiro “barão” da indústria de petróleo em 1865, quando formou a Standard Oil Company. Em 1879, a Standard Oil controlava não apenas 90% da capacidade de refino dos EUA, mas também seus oleodutos e sistemas de coleta. No final do século 19, o domínio da Standard Oil cresceu ao incluir a exploração, a produção e o marketing. Hoje a ExxonMobil é a empresa sucessora da Standard Oil (MORAIS, 2013; YERGIN, 2018; HÉMERY, DEBEIR e DELÉAGE, 2007).

Enquanto Rockefeller construía seu império norte-americano, as famílias Nobel e Rothschild competiam pelo controle da produção e refinamento das riquezas petrolíferas russas. Em busca de uma rede de transporte global para comercializar seu querosene, os Rothschilds contrataram os primeiros petroleiros de um comerciante britânico, Marcus Samuel. O primeiro desses petroleiros foi nomeado Murex, um tipo de concha marinha, e se tornou o carro-chefe da Shell Transport and Trading, que Samuel fundou em 1897 (MORAIS, 2013; YERGIN, 2018; HÉMERY, DEBEIR e DELÉAGE, 2007).

A Royal Dutch Petroleum começou nas Índias Orientais Holandesas no final de 1800 e, em 1892, integrou as operações de produção, oleoduto e refino. Em 1907, a Royal Dutch e a Shell Transport and Trading concordaram em formar o Royal Dutch Shell Group. Também

¹⁹ John Davidson Rockefeller (8 de julho de 1839 – 23 de maio de 1937) foi um investidor e empresário estadunidense, fundador e controlador da Standard Oil Company. Em relação ao PIB dos EUA, de 1937, Rockefeller é considerado o homem mais rico da história, acumulando uma fortuna de 1,8% do PIB americano, que condiz ao montante aproximado de US\$ 330 bilhões de dólares atualizados em 2017. Sua fortuna foi usada para criar um moderno e sistemático estilo de filantropia, com fundações que tiveram grande efeito na medicina, educação e pesquisas científicas. Suas fundações pioneiras desenvolveram pesquisas médicas que ajudaram a erradicação da febre amarela e anquilostomíase. Fundou a Universidade de Chicago e a Universidade Rockefeller (ESCHNER, 2017).

em 1907, a descoberta de petróleo no Irã por uma antiga mineradora britânica e um Xá do Oriente Médio levou à incorporação da Companhia de Petróleo Anglo-Persa. O governo britânico comprou 51% da empresa em 1914 para garantir petróleo suficiente para a Marinha Real nos anos que antecederam a Primeira Guerra Mundial. A empresa se tornou a British Petroleum, em 1954, que agora é a BP (MORAIS, 2013; YERGIN, 2018). Hoje, essas três empresas, ExxonMobil, Shell e BP, são consideradas as “grandes” originais.

O mundo passou a demandar cada vez mais petróleo, mas os preços se mantiveram baixos e relativamente estáveis, em torno de US\$ 3 por barril²⁰, em valores históricos. Nesse período, a Texas Rail Road Commission, órgão regulador da indústria de petróleo norte-americana, controlava a produção para garantir preços estáveis (PEDROSA e CORRÊA, 2016). Nos anos 50, ocorreram muitas mudanças, que acabaram por transferir o controle da produção e precificação de petróleo das “grandes” e dos países consumidores para os países produtores de petróleo. A efetividade dessa política se esgotou a partir de 1971, quando a capacidade adicional de produção nos EUA deixou de existir.

Os governos de muitas nações produtoras de petróleo, particularmente no Oriente Médio e na América do Sul, viram as empresas integradas de petróleo, que operavam em seus países, como instrumentos do interesse e controle de seus países de origem (EUA ou países europeus). Por tais razões econômicas e geopolíticas, os líderes dos países produtores começaram a se apropriar do controle dos recursos de petróleo e gás de seus países. Assim, em 1960, os governos da Venezuela, Arábia Saudita, Kuwait, Iraque e Irã fundaram a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP). A OPEP teve pouco impacto durante sua primeira década de existência. Mas, no início dos anos 1970, a instituição começou a impor os seus interesses, dado a crescente demanda por energia. Segundo estimativas, à época, 81% das reservas de petróleo do mundo pertenciam a seus membros. A

²⁰ Barril: unidade de padrão de volume que, para o caso específico do petróleo, equivale a 42 galões americanos ou 158,9873 litros. Símbolo = bbl. Uso tolerado apenas para medir volume de petróleo (ANP, 2018).

Arábia Saudita possuía a maior parte das reservas da OPEP seguida pelo Irã e pela Venezuela²¹ (MORAIS, 2013; YERGIN, 2018).

O aperto nos estoques, a crescente demanda, os altos preços do petróleo bruto e do gás natural e a mudança no clima geopolítico contribuíram para o crescente domínio das companhias petrolíferas nacionais. A dramática mudança no equilíbrio de controle sobre o negócio global de petróleo e gás pode ser ilustrada pelo fato de que, em 1972, as companhias internacionais de petróleo e as principais companhias independentes representavam 93% da produção mundial, enquanto as companhias nacionais somente 7%. Entretanto, em 1973, com a estatização das empresas petrolíferas dos países da OPEP e o primeiro choque mundial do petróleo, quando os países maiores produtores mundiais, organizados na OPEP, decidem diminuir a produção, notadamente as vendas para os EUA e a Europa, em retaliação ao apoio dado pelas nações ocidentais a Israel na Guerra do Yom Kippur (Dia do Perdão), que somado à estagnação na produção norte-americana, ocasionou um salto nas cotações do preço do barril, que estava cotado em US\$ 2,18 em 1971, indo para 5,12 em 1973 e, depois para US\$ 11,65, em 1974, um valor superior aos US\$ 50 nos dias de hoje. E, já em 1975, as companhias petroleiras internacionais não controlavam mais as atividades de exploração e produção de petróleo, reduzindo consideravelmente o sua influência no mercado mundial do petróleo (BRITISH PETROLEUM, 2019; SOUZA, 2006).

Em 1979, um novo segundo grande choque do petróleo acontece em virtude da paralisação da produção iraniana, pelo advento da deposição do Xá do Irã Mohammad Reza Pahlevi pela revolução islâmica. Liderada pelo aiatolá Khomeini, esta põe fim ao Consórcio Iraniano de Petróleo e retira 6 milhões de barris/dia dos mercados mundiais, elevando o preço médio do barril a quase US\$ 40 o barril, mais de US\$ 100 dólares em valores atuais, os quais permaneceram elevados até 1986 (BRITISH PETROLEUM, 2019; SOUZA, 2006).

²¹ A OPEP tem como membros, atualmente: Argélia, Angola, Equador, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Catar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Venezuela (OPEC, 2017).

Com o advento do golpe de Estado no Irã, o retorno do país ao mercado de petróleo, mesmo com propiciando um balanço positivo entre a oferta e a demanda para consumo, as incertezas políticas do novo regime, e os elevados prêmios sobre o preço do petróleo continuaram a ser aceitos, visto que os importadores tentavam maximizar seus estoques, de modo a limitar sua exposição a uma possível nova deterioração do cenário geopolítico mundial. Isso se confirmou em 1980, com o início das hostilidades da Guerra Irã-Iraque, que impactaram na oferta e mantiveram os preços elevados (BRITISH PETROLEUM, 2019; SOUZA, 2006).

Os choques de petróleo mudaram completamente o padrão estratégico da indústria de petróleo, onde desencadeou numa competição acirrada das grandes companhias internacionais pelas reservas de petróleo espalhadas pelo planeta. Os choques forçaram uma descentralização da produção para os países não membros da OPEP, já que os países importadores objetivavam buscar, por si mesmos, sua independência energética do petróleo. Além disso, os choques impulsionaram a busca constante de substituição do petróleo e seus derivados por fontes alternativas (YERGIN, 2018).

A partir da década de 1980 a força da OPEP começou a declinar, pois os altos preços do petróleo passaram a impulsionar e a viabilizar investimentos em novos campos exploratórios, em fronteiras pouco exploradas, como a *offshore* (SOUZA, 2006). Em 1986 a Arábia Saudita abandonou a venda de petróleo a preços fixos, deixando que o mercado regulasse o preço a partir do aumento de sua oferta. Assim, o preço do barril caiu vertiginosamente até US\$ 40 o barril, em cotações de hoje, permanecendo baixos, salvo uma alta pontual, relativa à invasão do Kuwait pelo Iraque, chegando abaixo dos US\$ 20 no fim da década de 1990 (BP, 2019).

O que se viu em seguida foi um redirecionamento dos preços, agora para cima, em que os preços de petróleo retomam a trajetória de crescimento acelerado até 2008. A despeito de

eventos, como a invasão do Iraque, que ocasionaram recessões em todo o mundo, estes foram de curta duração, em que os preços do barril de petróleo retomaram, rapidamente, em subida acelerada (PEDROSA e CORRÊA, 2016).

Denota-se que a expansão econômica, capitaneada pelas políticas monetárias e fiscais fortemente expansionistas dos EUA, tendo a China como a “fábrica do mundo” fez com que entre os anos de 2003 e início de 2008 a economia mundial vivesse um ciclo de expansão “excepcional” com crescimento elevado no PIB global, em torno de 4%, associado à inflação baixa, até meados de 2007, que impulsionaram as economias desenvolvidas, como Japão e Alemanha, bem como de emergentes, como de países da América Latina, África e Leste Europeu, que apresentaram melhora substancial nas contas externas e nas finanças públicas. China, Índia, Rússia, Brasil, principalmente, passaram a compor a renda mundial, descrita nos fluxos de comércio e no ritmo de expansão, equivalentes ou superiores aos dos países desenvolvidos (PRATES, 2012).

Toda essa expansão econômica, com a elevação dos preços do petróleo, veio sucumbir com a crise financeira mundial. Esta foi iniciada em meados de 2007 e concretizada em maio de 2008, iniciando-se nos Estados Unidos, no mercado de hipotecas de alto risco de inadimplência, denominadas *subprime*. A crise financeira começou a se espalhar para o mundo em meados de setembro do mesmo ano, quando se tornou uma crise crônica e sistêmica, especialmente após a falência do banco de investimento Lehman Brothers, tornando-se generalizada por todo o sistema financeiro global (PRATES, 2012).

Os países emergentes, dentre eles o Brasil, foram duramente impactados, visto suas relações de interdependência para com os países desenvolvidos. A crise se revelou nos países em desenvolvimento, principalmente, na elevação de remessas de lucros pelas empresas e instituições financeiras ao exterior, um menor ingresso de capital de investimento, a interrupção de linhas de crédito externo, que veio a refletir em forte contração dos

empréstimos bancários e, mais importante ainda, como foco do presente estudo, na queda dos preços das commodities, pela consequente queda na demanda mundial (PRATES, 2012).

Como ação para reverter o a queda abrupta nas cotações do barril, em 2009 a OPEP efetuou cortes de 4 milhões de barris na oferta (PEDROSA e CORRÊA, 2016), com o intuito de recompor os preços, onde o petróleo os preços do barril *brent* de petróleo despencaram de próximo a US\$110 o barril, para entre US\$60 e US\$70 (BP, 2019).

Em 2010 os preços voltaram a exceder a US\$ 100 por barril e continuaram crescendo nos anos seguintes, impactados por demanda crescente, redução de produção da OPEP e pela primavera Árabe, tendo atingido picos de mais de US\$ 120 por barril em 2012. A partir daí, iniciaram uma trajetória ligeiramente descendente, porém ainda se mantiveram em níveis bem elevados até o final de 2014, quando caíram abruptamente para níveis surpreendentemente muito baixos, para valores próximos dos US\$ 55 no meio da década de 2010, notadamente com o aumento da oferta dos países da OPEP e a elevação de produção das companhias nacionais (BP, 2019), as quais, atualmente, passaram a controlar 73% da produção mundial de petróleo e gás (OPEC, 2017, MORAIS, 2013).

Atualmente, em 2019, os números tem mostrado uma retomada na elevação dos preços do barril de petróleo, ocasionados por muitos fatores, dentre os quais, a instabilidade geopolítica internacional, que gera incertezas ao abastecimento contínuo do recurso, bem como a uma à previsibilidade de preços e estoques. Dentre essas instabilidades, pode-se destacar a recente guerra comercial entre China e EUA, o controle de produção do petróleo pela OPEP e Rússia (OPEP+) com o objetivo de segurar cotações do barril em valores que garantam a lucratividade, os embargos impostos pelos EUA à comercialização de importantes produtores (Irã e Venezuela) e o aumento crescente da produção dos EUA das reservas de xisto, o *Shale Oil* (UOL, 2018; SUNO, 2019; INVESTING, 2019a, INVESTING, 2019b; GLOBO, 2019).

Nos últimos 15 anos, os avanços tecnológicos na produção não convencional de petróleo e gás, vêm alterando o cenário energético mundial em relação a diversos fatores, notadamente nos EUA e, mais especificamente, no Brasil, como será abordado mais à frente em detalhes. Esses “novos desenvolvimentos” abriram novas e vastas oportunidades em todo o mundo, alterando a dinâmica da oferta global e o equilíbrio geopolítico. De maneira mais específica, os grandes avanços ocorreram em áreas que compreendem campos de perfuração horizontal, engenharia submarina, especialmente na produção em águas profundas, e no fraturamento hidráulico (*Tight Oil / Shale Oil*) (OPEC, 2017).

O recente relatório *BP Statistical Review of World Energy 69th Edition* (BP, 2019) divulgou que o volume de petróleo produzido no mundo em 2017 elevou-se em 0,7% em relação a 2016, representando 625 mil barris produzidos por dia, superando a marca de 92 milhões de barris por dia (Tabela 3). Essa produção representou um aumento de aproximadamente 12,5% ao longo de 10 anos, o que pode parecer pouco, dada a uma taxa de crescimento médio anual de 1,2% para o período, mas representa um volume de petróleo que foi adicionado diariamente ao mercado de mais de 10 milhões de barris por dia, ou seja, quase quatro vezes a produção do Brasil em 2017.

Da produção, destacam-se a queda de 0,4% nos países que fazem parte a OPEP e a elevação de 1,5% nos países não OPEP. As maiores quedas registradas nos países que fazem parte da OPEP foram oriundas da Venezuela (-11,6%) e Gabão (-9,3%). Já dos países não OPEP, destaca-se os EUA, como maior produtor individual de petróleo do mundo, apresentando uma produção de 13,1 milhões de barris por dia, ou seja, 14,1% de todo o petróleo produzido no mundo (BRITISH PETROLEUM, 2019; ANP, 2018).

Com relação ao consumo mundial de petróleo (Figura 5), este foi da ordem de 98 milhões de barris por dia em 2017, representando um aumento de 1,8% em relação a 2016, correspondendo a um consumo de com 1,7 milhão de barris por dia. O valor consumido

diariamente, frente aos pouco mais de 87 milhões barris por dia registrados para o ano de 2007, representa um aumento de consumo de 11 milhões de barris diários em 10 anos, o que representa um aumento de consumo de aproximadamente 12,6% frente ao ano de 2007, e uma taxa de crescimento anual média de 1,1 milhão de barris consumidos por ano, entre 2007 e 2017.

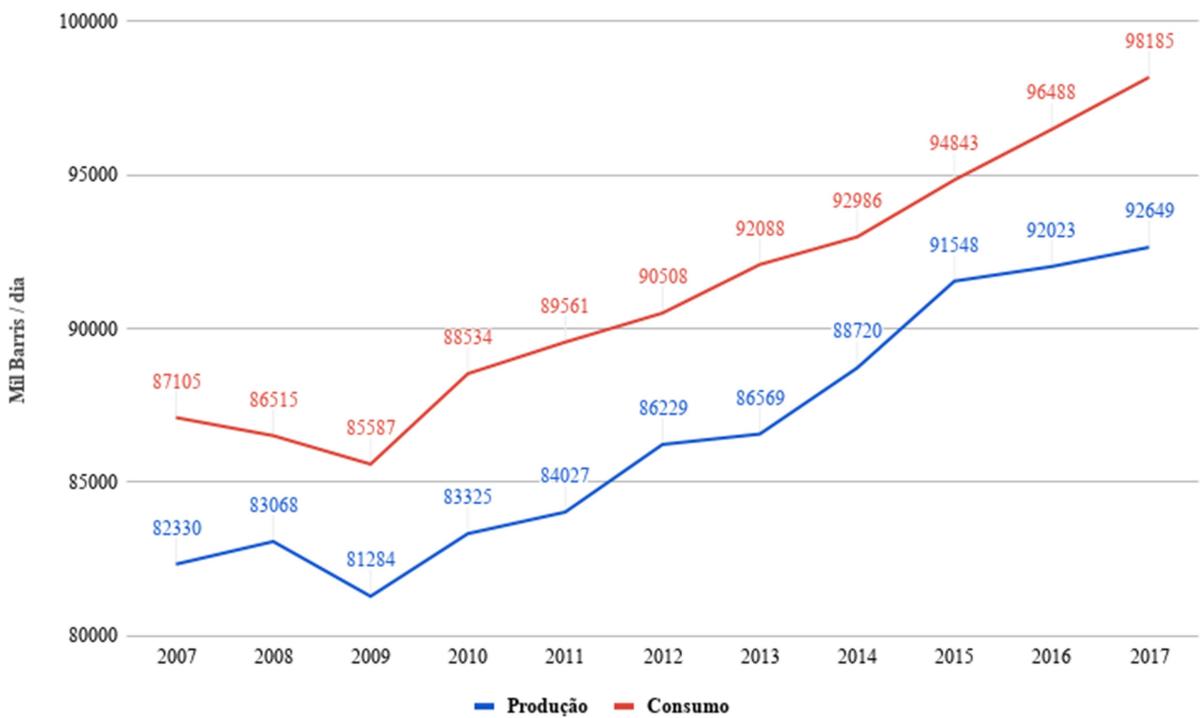
Do consumo, destacam-se os EUA, como maiores consumidores, representando 20,2% do consumo mundial de petróleo (19,9 milhões de barris/dia) e a China, que consumiu 13% do total mundial, ou seja, 12,8 milhões de barris/dia de petróleo. Dentre as regiões, o relatório destaca a região Ásia-Pacífico como a maior consumidora do mundo, representando 35,2% do total (BRITISH PETROLEUM, 2019; ANP, 2018).

Tabela 3: Produção e consumo de petróleo por países em destaque e mundial 2007 e 2017.

Mbl/dia	2007		2017	
	Países	Produção	Consumo	Produção
China	3.742	7.808	3.846	12.799
EUA	6.860	20.680	13.057	19.880
Arábia Saudita	10.268	2.407	11.951	3.918
Rússia	10.044	2.780	11.257	3.224
Irã	4.359	1.879	4.982	1.816
Venezuela	3.223	640	2.110	505
Brasil	1.831	2.313	2.734	3.017
Mundo	82.334	87.161	92.649	98.186

Fonte: Elaboração própria a partir de BP (2018).

Figura 5: Produção e consumo de petróleo mundial 2007/2017.



Fonte: Elaboração própria a partir de BP (2019).

O acréscimo observado tanto na produção como no consumo revela uma necessidade crescente premente aos investimentos no setor, objetivando um aumento da oferta, de modo a suprir a demanda, que cresce mais rápido. Neste caso, as novas tecnologias devem ser capazes de oferecer, pelo menos, metade da oferta necessária para a próxima década, considerando-se uma taxa de crescimento anual que replique o comportamento observado nos últimos 10 anos, ou seja, um crescimento em torno de 1%, de modo a suprir a demanda, que se eleva por volta de 1% ao ano (BRITISH PETROLEUM, 2019; ANP, 2018).

No âmbito das reservas provadas de petróleo no mundo, verifica-se que houve um decréscimo irrisório frente a 2016, representado por uma queda percentual de 0,03%, com as reservas provadas sustentando-se acima de 1,7 trilhões de barris. Deste montante destaca-se uma redução percentual de 0,4% nas reservas dos países que não fazem parte da OPEP, onde a região de queda mais pronunciada foi a da América do Norte, que apresentou queda de 0,7%

em reservas provadas. Já em relação aos países, a Venezuela, a despeito do seu decréscimo crescente na produção, é a maior detentora de acumulações provadas de petróleo, com 17,9% do total mundial, o que corresponde a 303,2 bilhões de barris. Entretanto, o número mais importante é quando se compara a elevação das reservas provadas de em torno de 1,5 trilhões de barris em 2007 para 1,7 trilhões de barris em 2017, ou seja, uma elevação de mais de 13% em 10 anos (ANP, 2018). Assim, a disponibilidade de petróleo nas reservas frente aos fatores demanda e consumo, já apresentados, encontra-se em certo equilíbrio. Mas, mantidas as mesmas taxas de crescimento de consumo por pelo menos para os próximos 10 anos, entende-se que se torna óbvio que a capacidade de produção também se eleve e que a busca e disponibilidade de novas reversas recuperáveis também continue no centro das estratégias de crescimento da indústria de petróleo.

Por tudo o que foi considerado, fica claro que, não diferente de outros setores, a indústria de petróleo é extremamente dependente de investimentos contínuos, tendo no avanço da tecnologia, oriundo do maciço investimento em P&D, o principal ponto ao seu constante crescimento e desenvolvimento. Acompanhado deste entendimento, vislumbra-se que, como em outras grandes indústrias, tais tecnologias inovadoras estão diretamente relacionadas com uma grande quantidade de ativos que devem ser protegidos na forma de direitos de propriedade intelectual (PI), pois, à medida que soluções são propostas aos problemas e desafios técnicos apresentados, as empresas tendem a tomar medidas para solucioná-los e, ao mesmo tempo, protegê-los estrategicamente, de modo a evitar a apropriação indevida do seu conhecimento particular pelos seus concorrentes (INPI, 2013).

Ainda, deve-se considerar que o sucesso da indústria de petróleo e gás, ao longo de toda a sua história, se resume, em grande parte, pela exploração, no que tange os direitos de perfuração, e pelas forças de mercado, ou seja, pelos preços praticados de comercialização, mesmo que se considere o desenvolvimento tecnológico aplicado à atividade de exploração

petróleo e gás, que, com o tempo, contribuiu fortemente nos muitos custos da atividade. Entretanto, tal elevação de custos sempre acompanharam os desafios crescentes de se recuperar petróleo e gás de acumulações localizadas em regiões cada vez mais difíceis. Portanto, não um problema, o desenvolvimento tecnológico é fator indispensável na equação de crescimento da indústria petrolífera, de modo que se pode afirmar que essa indústria é altamente dependente da pesquisa e desenvolvimento tecnológico (P&D), concretizada em inovações tecnológicas, que propiciam superar os desafios não triviais para suprir as demandas das empresas produtoras, nomeadamente quanto à produtividade ou ao simples acesso aos recursos. Como exemplo, citam-se as reservas de petróleo do Canadá, em Alberta, onde apenas uma fração pode ser extraída das reservas de areias betuminosas, empregando as tecnologias atuais disponíveis. (SLANEY e MCGRATH, 2013).

3.4 O PETRÓLEO NO BRASIL

No Brasil, a história da busca pelo petróleo tem como primeira referência oficial a concessão pelo Império (mercê Imperial), em 1864, ao empreendedor inglês Thomas Denny Sargent (ALBERINI, 2011), a permissão para realizar exploração de petróleo, iniciando suas buscas em Camamu, mas sem sucesso. Posteriormente, a história tem continuidade no município de Bofete, no estado de São Paulo, onde foi realizada a primeira sondagem profunda de um poço prospectivo, por Eugênio Ferreira de Camargo, entre os anos de 1892 e 1896. O poço atingiu uma profundidade de 488 metros, mas o resultado não foi a contendo, já que só foi encontrada água sulfurosa (MORAIS, 2013).

Segundo Morais (2013), o baixo interesse em explorar petróleo no Brasil, notadamente no início do século XX, pode ser explicado pelo baixo impacto na balança comercial advindo das importações de combustíveis. O querosene representava somente 2,1% do valor total das

importações em 1901. Além disso, o consumo diário de combustíveis, como querosene, gasolina e óleos, respondia apenas a 1100 barris, em média, no ano de 1903. Neste tempo, cabe ressaltar, que a indústria de querosene para iluminação já tinha 40 anos de existência nos Estados Unidos, onde os produtos eram produzidos em alta escala e promovendo avanços tecnológicos para a melhoria da qualidade do produto. Somente em 1932 é que foi instalada a primeira refinaria de petróleo do país, a Refinaria Rio-grandense de Petróleo, em Uruguaiana, que utilizava petróleo importado do Chile, dentre outros países (ALBERINI, 2011).

Ao final da Primeira Guerra Mundial o governo nacional decidiu participar das atividades exploratórias de petróleo, visto a ameaça de dependência integral de insumos combustíveis importados. O Estado entra, portanto, no setor através do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB), órgão do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, que órgão de 1919 a 1933, dando resposta insatisfatória às demandas de consumo de combustível, notadamente por um número de perfurações aquém das necessidades e das dimensões do país, que dispunha de diversas bacias sedimentares de grandes extensões e eram potencialmente propícias à existência de petróleo, como causa dos reduzidos investimentos do Estado à escassez de pessoal técnico especializado. Destaca-se a tentativa frustrada, a primeira de responsabilidade do governo, que aconteceu na região de Marechal Mallet (PR), em agosto de 1919 (MORAIS, 2013).

Em 1931, o escritor Monteiro Lobato chegou dos EUA, onde havia sido adido comercial, com o objetivo de encontrar petróleo em solo nacional. Cabe destacar neste ponto que, nos anos 1930, o tema do petróleo foi amplamente discutido no Brasil, sendo polarizado pelos que defendiam o monopólio da União e os que defendiam a participação da iniciativa privada na exploração petrolífera ao desenvolvimento nacional, notadamente devido à conjuntura de dependência externa, bem como a observação da vulnerabilidade do país frente

a uma possível grande guerra. Tais discussões, entre a prisão de Monteiro Lobato²² e a decisão de Getúlio Vargas²³ em tomar as rédeas do desenvolvimento do setor, levaram o país a decidir pelo controle completo de todas as atividades relativas ao petróleo (ARAGÃO, 2005).

Em 1934 o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) recebeu várias atribuições do SGMB, em que o subsolo passou a pertencer à União²⁴. A Constituição de 1934 vem posteriormente ratificar os termos do Decreto, incluindo a exigência que somente empresas brasileiras ou constituídas nacionalmente poderiam ter acesso à exploração do subsolo nacional. Entretanto, a evolução do setor nacional continuou incipiente frente aos avanços internacionais (MORAIS, 2013).

O contexto favoreceu lideranças militares, que pressionavam por descobertas de fontes nacionais de petróleo, com maior controle estatal sobre o setor, pois o comércio de então era totalmente gerido por empresas estrangeiras. Em resposta, o presidente Getúlio Vargas decidiu, em 1938, realizar uma ampla intervenção, transformando as atividades ligadas ao petróleo como sendo de "serviços de utilidade pública", consolidando a decisão pela instituição do Conselho Nacional do Petróleo (CNP)²⁵, para dirigir a política do petróleo do País entre 1939 e 1960 (MORAIS, 2013).

Neste período, destaca-se que em 1939, num poço de profundidade de 210m, foi descoberta a primeira acumulação de petróleo, na localidade de Lobato, Salvador, Bahia. Apesar desta descoberta, entre 1938 a 1945, o CNP pouco conseguiu avançar em seus esforços de pesquisa, pois havia recursos reduzidos, somado ao fato de que a tecnologia não

²² José Bento Renato Monteiro Lobato (18 de abril de 1882 – 4 de julho de 1948) foi um escritor, ativista, diretor e produtor brasileiro. Foi um importante editor de livros inéditos e autor de importantes traduções (FGV, 2018).

²³ Getúlio Dornelles Vargas (19 de abril de 1882 — 24 de agosto de 1954) foi um advogado e político brasileiro. Foi presidente do Brasil em dois períodos. O primeiro período foi de 15 anos ininterruptos, de 1930 até 1945, e de 1937 a 1945, como presidente em regime de exceção, durante o Estado Novo implantado após um golpe de estado (FGV, 2018).

²⁴ Decreto do Código de Minas (BRASIL, 1934).

²⁵ Criado o Conselho Nacional de Petróleo (BRASIL, 1938).

estava disponível e de que o custo do petróleo era muito baixo. Assim, a lucratividade do setor era restrita à distribuição de derivados, que se encontrava, quase na totalidade, sob a tutela das grandes multinacionais estadunidenses (ARAGÃO, 2005).

Após a Segunda Guerra Mundial, o país experimentou uma grande elevação na demanda de petróleo, que ocasionou uma considerável elevação nas importações e um forte desequilíbrio nas contas do governo. A partir de 46 começa a ser travado um grande debate em relação à política do petróleo, entre os que admitiam a entrada de empresas estrangeiras e os nacionalistas. As pressões do empresariado privado exigia uma alteração na política do petróleo nacional, de modo a permitir uma atuação mais ativa e livre do setor privado, e contrastava com o ambiente nacionalista que imperava, em posição contrária ao “Estatuto do Petróleo”, que objetivava liberalizar a participação estrangeira no setor (MARTINS, 2008).

Com a polarização em mesa, a nacionalista “Campanha do Petróleo”, que durou de 1947 a 1953, saiu vitoriosa no meio social e político, sendo base da eleição de Getúlio Vargas, que em 1953, pela Lei 2004, cria o monopólio estatal de pesquisa, refino e transporte do petróleo, bem como a Petrobras, Petróleo Brasileiro S.A., definindo, assim, a exploração do petróleo totalmente realizada pelo Estado brasileiro e em prol do mesmo. O CNP, em 1953, transfere todo o seu acervo técnico à nova companhia, passando a ser responsável pela fiscalização do setor (MARTINS, 2008; MORAIS, 2013).

Nos primeiros anos de atividade a Petrobras descobriu campos produtores importantes, todos localizados no nordeste do país, mas que representaram pequena contribuição à sonhada autossuficiência em petróleo e derivados. Devido à grande dificuldade de se encontrar acumulações potenciais em terra é que, nos anos 1960, a empresa redirecionou seus esforços para o mar, pois no final de 1950 já havia o conhecimento de que se possuíam reservas de petróleo em profundidade marítima, mas sem uma definição precisa de sua localização. Mas, a confirmação ocorreu com o primeiro poço *offshore*, em 1968, no Campo de Guaricema

(SE), cuja produção foi iniciada em 1973, o qual serviu como campo de testes e de aprendizado na exploração *offshore*, resultando na implantação de plataformas entre 30 e 50 metros de lâmina d’água (NETO e COSTA, 2007). A partir destas primeiras descobertas, a Petrobras deu início a uma série de outras. Entretanto, tais descobrimentos não surtiram maior efeito, pelo fato das tecnologias existentes não serem condizentes com a realidade brasileira e o baixo preço do barril não viabilizar muitos projetos (MORAIS, 2013; NETO e COSTA, 2007).

Em novembro de 1974 ocorre a descoberta do campo de Garoupa, na Bacia de Campos²⁶, a 124 metros de profundidade, com profundidade total de 3750m, havendo, desde então, um impulso continuado em descobertas de novos campos no mar, com acumulações de petróleo consideráveis, que perduraram nos anos seguintes, com a descoberta dos campos de Pargo, Badejo, Namorado, Enchova, Bonito e Pampo, entre 1974 e 1977. Em 13 de agosto de 1977, a Petrobras iniciou sua produção comercial *offshore* em Enchova (MORAIS, 2013; NETO e COSTA, 2007).

Nos anos subsequentes, segundo Morais (2013), as explorações em águas profundas capitanearam a evolução da produção de petróleo nacional, que esteve sempre acompanhada de avanços tecnológicos importantes. Tais avanços vieram como resultado de um grande esforço e investimento em P&D dos centros de pesquisa nacionais, tanto da Petrobras, quanto de instituições acadêmicas e de empresas privadas do setor, os quais retornaram em capacidades técnicas desenvolvidas e bem fundamentadas aos desafios propostos de se explorar petróleo em alto mar, em profundidades de lâmina d’água e de poços cada vez maiores.

²⁶ A Bacia de Campos é a principal área sedimentar já explorada na costa brasileira. Ela se estende das imediações da cidade de Vitória (ES) até Arraial do Cabo, no litoral norte do Rio de Janeiro, em uma área de aproximadamente 100 mil quilômetros quadrados (JUNGMANN e BONETTI, 2010).

Na metade dos anos 80 a Petrobras já tinha descoberto grandes reservas de petróleo e gás natural. Entretanto, faltava tecnologia para recuperar o recurso finito das formações. Nesta época, não haviam sistemas de exploração em alto mar (offshore) que possibilitasse recuperação de hidrocarbonetos de petróleo em profundidades superiores a 300m. Assim, de 1986 a 1991 foi lançado pela empresa o Procap 1000, primeiro programa de capacitação tecnológica em sistemas de produção em águas profundas, que teve por objetivo elevar a competência técnica da Petrobras na produção de petróleo e gás natural em águas com profundidade entre 400 e 1.500 metros, no qual 20% dos projetos foram voltados para inovação tecnológica (FREITAS e FURTADO, 2001).

O Procap 1000 aplicou US\$ 68 milhões nos projetos e teve como grande feito a instalação do sistema de produção antecipada flutuante, instalado no campo de Marlim, em 1.027 metros de lâmina d'água, no qual o desempenho da plataforma flutuante iria coroar o futuro deste sistema, por ser acompanhado, além da viabilidade técnica, de uma maior rentabilidade econômica frente a os outros modelos existentes (NETO e COSTA, 2007). Segundo Morais (2013), 251 patentes foram depositadas de 1987 a 1992, com 140 depósitos no país e 111 no exterior. Ainda, destaca-se a criação do Centro de Estudos em Petróleo (CEPETRO), em 1987, na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O sucesso do Procap 1000, junto com as descobertas submarinas dos reservatórios gigantes da Bacia de Campos, impulsionou a Petrobras a continuar seus investimentos em águas profundas. Assim, de 1993 a 1999, a empresa desenvolveu o Procap-2000, objetivando a exploração de petróleo em profundidades entre 1000 e 2.000 metros de profundidade, associado a uma redução de custos nas atividades, a partir das capacidades tecnológicas criadas pelo programa anterior. O programa, ao longo do período, desenvolveu 20 projetos, aplicando em torno de US\$ 750 milhões. Ainda, o programa retornou a importante descoberta

do campo de Roncador, um dos maiores campos gigantes já encontrados pela companhia, representando uma reserva de 3,3 bilhões boe (NETO e COSTA, 2007).

Sob o aspecto jurídico, de 1953 a 1995, o monopólio da União no setor de petróleo esteve a cargo da Petrobras, sendo esta responsável pelas atividades de exploração, produção e refino de petróleo, entre outras, como pelo financiamento, coordenação, execução e uso dos conhecimentos gerados pelos seus centros tecnológicos de pesquisa em petróleo. Por outro lado, a busca da viabilidade econômica à produção de petróleo em profundidades maiores, apresentou-se como um grande desafio para a Petrobras. A partir daí, a empresa passou, em 1997, por uma reestruturação, de modo a possibilitar a criação da, inicialmente denominada, Agência Nacional de Petróleo (ANP), que foi acompanhada da respectiva abertura do mercado às empresas estrangeiras (NETO e COSTA, 2007).

Após a mudança institucional que terminou com o monopólio da Petrobras, o sistema de inovação em P&D ficou menos verticalizado, pois possibilitou a entrada de novos atores, como empresas de petróleo privadas nacionais e estrangeiras, estatais de outros países, o Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural (CT-Petro), além de universidades e centros de pesquisas voltados às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) (MORAIS, 2013; NETO & COSTA, 2007).

A partir do ano 2000 até o ano de 2006 a Petrobras lançou o Procap-3000, com orçamento em torno de US\$ 130 milhões, objetivando produzir em lâminas d'água ultra profundas, como encontradas nos campos de Marlim Sul e Roncador, buscando também a redução de custos de suas operações e o desenvolvimento de novas tecnologias ou aperfeiçoamento e adaptação das já existentes, como a de gás *lift* aplicado em águas ultra

profundas, da árvore de natal molhada²⁷ e de sistemas submarinos para injeção e separação (MORAIS, 2013; NETO & COSTA, 2007).

Depois de 2006 o país experimentou novas e importantes descobertas, notadamente na Bacia de Santos, com grandes acumulações de petróleo e gás natural, e de reservas gigantes de petróleo na camada geológica do pré-sal²⁸, como resultado de prospecções iniciadas em 2001 e da perfuração de poços pioneiros, a partir de 2005 (MORAIS, 2013).

Em resumo, com a decisão de se lançar o setor em investimentos no mar (*offshore*), o Brasil obteve crescimento contínuo das suas reservas, que passaram de 1,1 bilhão de barris de petróleo equivalentes em 1976, ano que precedeu o início da produção na Bacia de Campos, para 6,7 bilhões de barris em 1996 e, ainda, para 12,6 bilhões de barris ao final de 2016, situando-se na décima sexta posição mundial. Relativamente à produção de petróleo bruto, o país saltou dos 1,806 milhões de barris em 2006 para 2,734 milhões de barris em 2017, evidenciando a decisiva contribuição da camada de pré-sal para este aumento, o que corresponde a 2,8% do total mundial e coloca o país na nona posição como produtor global (BP, 2019, ANP, 2018).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foram produzidos, em abril de 2018, 2,597 milhões de barris de petróleo por dia (MMbbl/d), um aumento de 1,5% na comparação com o mês anterior, e de 2,3%, se comparada com abril de 2017, em que se destaca a produção oriunda dos campos marítimos, que correspondem a

²⁷ A árvore de natal molhada é um equipamento instalado sobre a cabeça de poço, no leito marinho, composta por conectores e válvulas para o controle dos fluxos de petróleo-gás-água extraídos do poço, sendo projetada para suportar as elevadas pressões e temperaturas do poço e as altas pressões hidrostáticas e baixas temperaturas do ambiente marinho (MORAIS, 2013).

²⁸ A camada do pré-sal refere-se a uma camada de rochas formadas preferencialmente por rochas carbonáticas, localizada abaixo de uma camada de sal. Entre a costa ocidental da África e a oriental da América do Sul há um depósito de matéria orgânica que viria se acumulando ao longo de milhões de anos, sob o sal prensado por pesadas lâminas, transformando-se em petróleo. No Brasil, o conjunto de campos petrolíferos do pré-sal situa-se a profundidades que variam de 1.000 a 2.000 metros de lâmina d'água e entre 4.000 e 6.000 metros de profundidade no subsolo. A profundidade total, ou seja, a distância entre a superfície do mar e os reservatórios de petróleo abaixo da camada de sal, pode chegar a 8.000 metros (MORAIS, 2013). O termo “Pré-sal” refere-se à produção de hidrocarbonetos realizada no horizonte geológico denominado “Pré-sal”, em campos localizados na área definida no inciso IV do caput do art. 2º da (BRASIL, 2010).

95,6% do petróleo produzido no país. Já a produção oriunda da camada pré-sal atingiu de 1,785 milhão de barris de óleo equivalente por dia (MMbbl/d) em abril de 2018, com crescimento foi de 2,3% em relação ao mês de março, que foi de 1.745 (Mmboe/d), em que denota-se que os barris de óleo equivalente representaram a produção conjunta de petróleo e gás natural (ANP, 2018).

Para efeito comparativo da importância do pré-sal, em 1984 a Petrobras necessitou de 4.108 poços produtores, localizados na camada pós-sal, para recuperar 41 mil barris de petróleo diários em média, e, em 2016, a empresa recuperou, em apenas 52 poços produtores, uma média de 500 mil barris diários (PETROBRAS, 2018b).

Relativamente aos investimentos futuros no setor, o Plano de Negócios e Gestão 2018-2022 da Petrobras, excetuando-se as outras companhias que atuam no país, prevê investimentos de US\$ 74,5 bilhões, sendo 81% deste valor para a área de exploração e produção de petróleo e gás, sendo que, deste montante, 77% estará comprometido com o desenvolvimento da produção e 12% com infraestrutura e P&D. Do total previsto, 58% será destinado à camada do pré-sal (PETROBRAS, 2018a), o que vem reforçar o grande interesse no setor e a cada vez maior necessidade de disponibilizar investimentos em pesquisa e tecnologia, que gerarão conhecimento, que será em grande parte protegidos por patentes e, em percentual considerável, gerará inovação, definindo novas rotas tecnológicas que fomentem a produção de petróleo por muitos anos.

3.5 A PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

Como já constatado nesta tese, a crescente demanda global por energia primária, os custos crescentes associados à produção, a queda no valor do barril de petróleo e as pressões geopolíticas e ambientais estão rapidamente se tornando um problema cada vez maior para a

indústria petrolífera. Equilibrar esta equação ao ponto da viabilidade e lucratividade tem demandado investimentos contínuos e crescentes, pois muitos destes problemas poderão ser solucionados com o aumento da produtividade e a consequente redução nos custos, atrelados à solução de problemas inerentes ao setor, como os impactos ambientais.

A produção de petróleo pode ser dividida em três fases distintas: a primária, a secundária e a terciária, esta última também chamada de recuperação avançada, ou melhorada, de petróleo (EOR), sendo esta o foco de interesse neste estudo.

Cada fase requer uma quantidade específica e crescente de investimentos, nomeadamente em tecnologia, com o objetivo de potencializar a recuperação do petróleo dos reservatórios e reduzir custos associados. Neste caso, os métodos EOR se tornaram uma importante fonte de produção de petróleo de poços, nomeadamente os que já foram explorados, contribuindo para o aumento do volume total de óleo extraído, ou seja, para a produtividade do campo petrolífero, sem que decorram impactos ambientais consideráveis, como, por exemplo, à instalação de novas plataformas de produção.

De modo a parametrizar o presente estudo, faz-se necessário definir os tipos primário e secundário de recuperação, para posteriormente focar, com maior atenção, na recuperação terciária de petróleo (EOR).

3.6 RECUPERAÇÃO PRIMÁRIA DE PETRÓLEO

A recuperação primária de petróleo está correlacionada com a pressão natural que já existe no reservatório, sendo este o fator determinante ao deslocamento eficiente de óleo até sua recuperação no poço de produção. Nesse estágio inicial, a recuperação de petróleo é dependente de mecanismos naturais, ou seja, se faz através de um diferencial de pressão entre o conteúdo aprisionado no reservatório subterrâneo e a superfície, que possibilita a

recuperação do óleo escoado para um dado poço de produção, na superfície. Há também a possibilidade da elevação do petróleo da formação até a superfície ser auxiliada por bombas (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1985).

No caso das forças naturais ora mencionadas, destaca-se que as mesmas podem agir de forma conjunta ou sequencial sobre as propriedades de um dado reservatório. Segundo Lake (1996), tais forças são definidas como:

- a) Força de expansão do gás natural, que é muito eficaz para prover o deslocamento do óleo para os poços de produção;
- b) Força gravitacional, que, por si só, não tem a capacidade para propiciar uma produção significativa de petróleo. Por outro lado, quando a mesma está combinada com outras forças há uma contribuição positiva ao deslocamento e consequente recuperação de grandes quantidades de óleo;
- c) Força de empuxo da água, propiciada pela infiltração de água no reservatório (lateralmente ou por baixo). Trata-se de uma força efetiva ao deslocamento do óleo e sua consequente recuperação através do poço de produção. Denota-se que a capacidade da água de deslocar o óleo é baseada na permeabilidade do reservatório, bem como na distribuição da pressão no mesmo; e,
- d) Força expulsiva, oriunda da compactação das rochas do reservatório que estão mal consolidadas, que acabam por atuar quando da retirada dos fluidos de produção do reservatório subterrâneo.

A recuperação secundária representa em torno de 15 a 30% do óleo retido no reservatório (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1985).

3.7 RECUPERAÇÃO SECUNDÁRIA DE PETRÓLEO

Um poço que tenha sido inicialmente surgente, isto é, que forneceu uma recuperação primária de petróleo, tende, com a continuidade da produção, a uma diminuição lenta e constante de seu diferencial de pressão entre o óleo no reservatório e a superfície. Assim, com o tempo, a redução contínua de pressão no reservatório caminha até que as quantidades de óleo produzidas tornem a operação economicamente inviável. Mas, dependendo da economia da operação, que diz respeito ao quanto de petróleo ainda se estima estar no reservatório, às propriedades do reservatório, ao preço atual do petróleo, aos investimentos adicionais necessários para viabilizar a recuperação deste óleo e etc., pode-se escolher aumentar a operação de campo para extrair uma maior quantidade do óleo residual. Esse processo, de extração do óleo adicional, é denominado de recuperação secundária de petróleo (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

A recuperação secundária de petróleo se dá através do emprego singular ou combinado das seguintes técnicas:

- a) Elevação da pressão do reservatório;
- b) Redução da viscosidade do óleo; e,
- c) Redução da tensão interfacial entre o óleo e outros fluidos.

No caso, os processos de recuperação secundária estão restritos, geralmente, ao aumento da pressão do reservatório, acarretando em uma elevação das taxas típicas de recuperação para entre 15% a 30% de óleo original no reservatório (*Original Oil in Place – OOIP*) (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989). Entretanto, segundo Tzimas e colaboradores (2005), em alguns casos, a recuperação pode ser um pouco mais elevada, variando entre 35 e 45% (*apud* VERMA, 2015).

Os mecanismos de produção na recuperação secundária de petróleo são muito semelhantes aos da recuperação primária de petróleo, onde o diferencial de pressão entre o reservatório e o poço de produção leva a um deslocamento físico do óleo. Notadamente, as diferenças entre processos de recuperação primária e secundária se revelam como: i) mais furos são usados na fase de recuperação secundária, pois há a necessidade de se criar meios para disponibilizar os fluidos promotores de pressão interna ao reservatório da maneira mais equitativa possível; e, ii) na recuperação secundária, o diferencial de pressão entre os poços de produção e o reservatório é criado por meios artificiais. Neste caso, o aumento artificial da pressão pode ser feito pela injeção de fluidos, principalmente água e gases (reinjeção), e pela aplicação de vácuo no poço. Assim, em tais processos o fluido de injeção não possui, por si só, a propriedade de mudar as características internas do reservatório em termos de sua constituição. Há somente uma promoção ao deslocamento físico, sem influência do fluido injetado, em direção ao poço de recuperação do óleo (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1985).

Como visto, após o esgotamento da pressão do reservatório, é necessária a busca do restabelecimento da pressão interna do mesmo, a qual, em grande parte, é realizada por meio da injeção de água. A água, como descrito acima, é injetada no reservatório através de poços específicos de injeção, estrategicamente distribuídos, de modo que a água injetada impulsione fisicamente o óleo, permitindo sua mobilidade interna no reservatório, através da parte permeável das rochas, em direção ao(s) poço(s) de produção. Neste caso, verifica-se que o padrão de injeção mais comum é da injeção em cinco pontos circunvizinhos ao ponto de produção, em que um poço de injeção é circundado por quatro poços produtores (LAKE, 1996).

Denota-se ainda, que, muitas vezes, produtos químicos são adicionados à água para melhorar a eficiência do processo de inundação, trabalhando para facilitar a mobilidade do óleo e reduzir a sua viscosidade, técnica essa que, devido ao grau de complexidade, está relacionada à recuperação terciária de petróleo (LAKE, 1996).

4 RECUPERAÇÃO TERCIÁRIA DE PETRÓLEO (EOR)

Como visto no capítulo anterior, a produção de petróleo é elencada em três categorias: a primária, a secundária e a terciária, sendo esta última conhecida também como recuperação terciária de petróleo (EOR), mas também chamada de recuperação avançada de petróleo ou recuperação melhorada de petróleo.

Relativamente à recuperação primária de óleo, como verificado, esta é limitada ao aspecto técnico dos hidrocarbonetos que naturalmente sobem à superfície, isto é, dependem da surgência natural do poço produtor²⁹. Nesta fase da produção de petróleo, a pressão natural do reservatório de óleo é às vezes auxiliada por sistemas artificiais de elevação do óleo do poço até a superfície (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016), como, por exemplo, pelo Bombeamento Centrífugo Submerso (BCS)³⁰.

Já a recuperação secundária define-se pela interferência externa ao sistema natural, que se dá, geralmente, quando a pressão natural do reservatório diminui após a produção inicial. No caso, a vida útil do poço produtor pode ser estendida por meio de processos de recuperação secundários, pela injeção de água ou gás, diretamente no reservatório, através de um poço específico, não produtor, objetivando aumentar a pressão interna na formação e direcionar o óleo subterrâneo à produção no poço produtor (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016). Essas duas primeiras fases recuperaram em torno de 30-40% do óleo original em um campo de petróleo convencional.

²⁹ Poço em que os fluidos existentes no reservatório chegam à superfície espontaneamente, devido unicamente às pressões existentes no reservatório, sem necessidade de qualquer método de elevação ou bombeamento (FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, PEDROSA JUNIOR e PINHO, 2018).

³⁰ Conjunto de bombeamento instalado no fundo de poços de petróleo, composto basicamente por uma bomba centrífuga submersa acoplada a um motor elétrico de subsuperfície, o qual aciona a bomba, alimentado por um cabo elétrico que transmite a energia elétrica da superfície até o fundo do poço (Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa (FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, PEDROSA JUNIOR e PINHO, 2018).

Com vistas ao enorme passivo em recuperação de petróleo útil das formações geológicas por meio das técnicas de recuperação primária e secundária de petróleo, bem como considerando os custos envolvidos, resultado da baixa eficiência inerente dos processos, é que se buscou aumentar ainda mais a produtividade e eficiência dos campos produtores.

Assim, na terceira e última fase, a de recuperação avançada de óleo (EOR), empregam-se técnicas variadas com o objetivo de também prolongar a vida útil do poço produtor de petróleo convencional. Nesta fase final pode-se recuperar de 5 até 15 % do óleo ainda retido na formação subterrâneo em um campo de petróleo convencional. Denota-se que a EOR engloba muitos métodos distintos, todos considerados como de recuperação terciária. Tais métodos EOR geralmente atuam com o objetivo de aumentar a pressão interna do reservatório, assim como o de alterar as propriedades do óleo, especialmente a viscosidade e a densidade (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016).

O acréscimo percentual de 5 a 15% na produção pelo uso de técnicas de EOR não revela o real impacto. Entretanto, tal contribuição fica mais explícita quando se considera que um aumento na recuperação do petróleo em apenas 1% se traduz em um impressionante rendimento de 70 bilhões de barris, se considerado como exemplo as reservas globais de petróleo existentes em 2008, isso excluindo a exploração de reservas não convencionais, como, por exemplo, as de petróleo pesado, de betume e de areias betuminosas (BACHMANN, JOHNSON e EDYVEAN, 2014).

Durante as últimas décadas, uma variedade de métodos EOR foi desenvolvida e aplicada em reservatórios de petróleo maduros e quase que totalmente esgotados. Estes métodos melhoraram a eficiência da recuperação de óleo em comparação com os métodos primário e secundário (EPRI, 1999).

A EOR é particularmente empregada em acumulações que fornecem um óleo pesado, de baixa permeabilidade e com falhas irregulares, e atua, principalmente, na alteração *in loco*

das propriedades dos hidrocarbonetos de interesse à recuperação. Tais métodos diferenciam-se, notadamente, do método de recuperação secundária, que compreende somente a injeção de água e/ou de gás para prover a movimentação do óleo no interior do reservatório, com a consequente recuperação do mesmo pelo poço de produção (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

Em 1999, a EOR era predominantemente empregada em terra, mas avançava rapidamente ao alcance de aplicações *offshore*, isto é, fora da costa, em alto mar. Os desafios inerentes que existiam para a EOR *offshore* incluíam a economia do desenvolvimento de processos, as limitações relativas à adaptação ao peso dos equipamentos, o espaço e a potência das instalações em ambiente *offshore* existentes e, ainda, uma menor quantidade de poços que são mais espaçados, contribuindo, desta forma, para um melhor deslocamento, varredura e tempo de latência da técnica a ser aplicada. Entretanto, a despeito dos desafios, a EOR, em suas diversas técnicas, foi adotada em vários empreendimentos *offshore*, especialmente pelo sucesso já obtido do processamento submarino e dos métodos de recuperação secundária *offshore* (EPRI, 1999).

A EOR engloba uma elevação nos custos de desenvolvimento frente aos hidrocarbonetos possíveis recuperáveis no poço de produção, pois sua aplicação não é universal a todos os poços e é condicionada sempre à análise de viabilidade técnica e econômica. Portanto, cada reservatório é único em seu grau de complexidade e deve ser avaliado incluindo fatores como as restrições regulatórias e econômicas, bem como de modo a determinar qual o tipo de EOR terá melhor eficiência à aplicação no reservatório (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

A análise técnica é feita através da caracterização dos reservatórios, que engloba a triagem, a modelagem e a simulação dos mesmos. Denota-se ainda que as características de cada reservatório também sejam exclusivas, notadamente a uma determinada área geográfica,

onde está inerente um conjunto de condições operacionais específicas. Portanto, o desafio de identificar o processo mais adequado para maximizar a recuperação pode ser alcançado através do acoplamento do conhecimento geológico com os benefícios inerentes a cada processo EOR (BUENAVENTURA, ALVAREZ, *et al.*, 2014).

As técnicas de EOR, por sua vez, são categorizadas em três grandes grupos principais, que abarcam tecnologias próprias: a recuperação térmica, a recuperação química e microbiológica e a recuperação por solvente (EPRI, 1999).

A importância da EOR pode ser verificada pelo exemplo dos EUA, onde se verifica que a produção de petróleo advinda de técnicas de EOR foi de 707.761 BOPD, em 1998, representando um sexto da produção de petróleo estadunidense em terra, isto é, no termo técnico em inglês: produção *onshore* (EPRI, 1999). Ainda, segundo o relatório EPRI (1999), dos muitos métodos desenvolvidos para melhorar a recuperação de petróleo, dois deles, a EOR de injeção térmica e a EOR por injeção de gás (solvente), foram, de longe, os métodos mais bem-sucedidos e, devido a isso, os mais amplamente empregados pelo setor *onshore*. Juntos, eles representaram mais de 99% da produção por EOR de petróleo nos EUA.

Por outro lado, destaca-se que os métodos EOR por ação química ou microbial ainda não eram viabilizados comercialmente em terra, notadamente devido aos altos custos operacionais agregados à produção e ao desempenho relativamente ruim (EPRI, 1999). Ainda, após este período, os projetos de EOR em terra, nos Estados Unidos, de recuperação térmica e química, apresentaram constante declínio, desde 1980 até 2005 (ALVARADO e MANRIQUE, 2010). Mas as técnicas de injeção por solvente, quando este é o dióxido de carbono, mostraram-se proeminentes frente a outras tecnologias.

Não obstante a realidade desfavorável das técnicas de EOR térmica, química e microbiológica aplicadas em terra, o emprego das mesmas tem avançado enormemente nos campos em alto mar (*offshore*) (OPEC, 2017). Denota-se que as maiores descobertas recentes

de petróleo e gás foram todas em águas profundas, em campos apresentando profundidade de lâmina d'água superior a 400 m. Tais descobertas em águas profundas, em média, foram responsáveis por cerca de 50% dos volumes de petróleo e gás convencionais descobertos nos últimos dez anos (IEA, 2018b). Desta forma, a aplicação crescente das tecnologias de EOR demonstra a sua crescente e decisiva importância à recuperação de petróleo.

4.1 POR AÇÃO TÉRMICA (TEOR)

A recuperação terciária de petróleo por ação térmica (TEOR) emprega calor ao reservatório de forma a aquecer o óleo pesado e reduzir a viscosidade do óleo retido o suficiente para possibilitar o seu escoamento e posterior recuperação com viabilidade econômica (EPRI, 1999; DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989; LAKE, 1996).

A recuperação térmica avançada de óleo foi aplicada pela primeira vez na Venezuela, nos anos 60, e, de uma perspectiva histórica, a mesma foi responsável pela maior produção incremental de petróleo à época. Ainda, a TEOR foi responsável por mais de 80% do petróleo extraordinário produzido no final da década de 1980. Entretanto, a proeminência da aplicação de métodos de TEOR não é mais uma realidade, visto que este número vem diminuindo ao longo dos anos, à medida que tais métodos se tornaram menos utilizados, dando lugar a outros métodos de recuperação avançada de petróleo (EOR) mais viáveis, como, por exemplo, a EOR por injeção de dióxido de carbono (CO₂-EOR) e por injeção de compostos químicos (CEOR), os quais se tornaram mais amplamente aceitos também quanto aos resultados de produção (TOUKAN, 2012).

Estimam-se que, em 1986, mais de 480.000 barris de petróleo foram produzidos diariamente, ou BOPD (*barrels of oil per day*), empregando os métodos TEOR. Mas em 2012, somente 290.000 BOPD foram produzidos pela técnica, o que configura uma

diminuição significativa frente a 1986. Os métodos TEOR ainda representam a segunda maior participação do óleo incremental produzido pelos métodos EOR, sendo em torno de 45% (dados de 2012), mas que vem perdendo espaço rapidamente para a EOR por solvente, com aplicação de CO₂ (TOUKAN, 2012).

Existem três métodos básicos de TEOR: por injeção de vapor, por combustão *in situ* de hidrocarbonetos e por água quente (*water flooding*). O método por vapor é de longe o método mais utilizado, representando mais de 90% do óleo incremental de todos os disponíveis usando os métodos TEOR (TOUKAN, 2012). Cabe ressaltar também a especificidade de que os processos TEOR de injeção de vapor são, geralmente, aplicados a depósitos de óleo pesado e de menor profundidade, isto é, estão restritos a menos do que 900 metros de profundidade, que, devido à sua viscosidade extremamente alta, geralmente não podem ser economicamente produzidos por métodos de recuperação primários ou secundários. Neste caso, a relação custo e produtividade tende ao emprego dos métodos TEOR (EPRI, 1999).

O método de combustão *in situ* (ISC) tem sido aplicado de maneira restrita a petróleos pesados, notadamente areias betuminosas, em que, neste universo reduzido, é o segundo método de recuperação mais importante. O fato é que, apesar de sua longa história e alguns sucessos comerciais, este processo de TEOR não foi totalmente aceito entre as operadoras, devido ao número projetos piloto inconclusivos ou fracassados (ALVARADO e MANRIQUE, 2010).

Os métodos TEOR envolvendo a injeção de fluido atuam transferindo calor para o reservatório, em que a energia térmica aumenta a mobilidade do óleo e, possivelmente, fornece um carreamento mais eficiente do petróleo ao poço, com consequente recuperação deste da formação subterrânea. Segundo Zhao & Gates (2015), e como já verificado, a injeção com água quente é uma técnica de recuperação térmica de petróleo preferível, muito devido

ao custo relativamente baixo, uma vez que envolve apenas o calor sensível. Esta opção se verifica porque, em comparação com a injeção convencional de água, o uso de água quente melhora a razão de mobilidade devido a uma redução da viscosidade da fase oleosa resultante do aquecimento. Além disso, o aquecimento também reduz a tensão interfacial e a saturação do óleo residual, o que leva a um fator de recuperação potencialmente mais alto. No entanto, em injeções com água quente, o problema reside no fato de que a água aquecida para injeção fornece menos calor para o reservatório em comparação com o vapor, devido à ausência de calor latente e, portanto, é menos eficaz na redução da viscosidade do óleo. Por outro lado, para reservatórios de óleo pesado de pequena espessura, a injeção de água quente tem vantagens sobre a injeção de vapor, mas, notadamente, a técnica está limitada a condições específicas do óleo a ser recuperado. Então, o emprego da técnica deve considerar sempre variáveis importantes, que trabalham sempre com a relação custo e retorno.

Segundo Alvarado & Manrique (2010), os projetos de TEOR foram concentrados principalmente no Canadá, nos países que compõe a região que antes pertencia à ex-União Soviética (URSS), nos EUA e na Venezuela, mas limitados a reservas de areias betuminosas. Já em formações geológicas compostas de rochas carbonáticas, os projetos TEOR não têm sido usuais. Ainda, em 2010, os autores revelam que somente alguns poucos exemplos de projetos de injeção de vapor foram relatados na literatura, estando localizados, principalmente, em Trinidad e Tobago, Holanda e Brasil.

Sobre os projetos limitados às reservas de areias betuminosas, destaca-se o método TEOR de Drenagem por Gravidade Assistida por Vapor (SAGD - *Steam Assisted Gravity Drainage*), pois atua especificamente em reservatórios não consolidados com alta permeabilidade vertical. Este método TEOR tem tido mais atenção em países com petróleos pesados e/ou extrapesados, notadamente Canadá e Venezuela, que possuem muitas reservas deste tipo. Mas, os custos são bastante elevados (SHENG, 2010).

4.2 POR AÇÃO QUÍMICA (CEOR) OU MICROBIOLÓGICA (MEOR)

A EOR de recuperação química (CEOR) tem por finalidade auxiliar na liberação do óleo ainda retido no interior da formação do reservatório. Este método introduz, por injeção de compostos químicos (polímeros, surfactantes e produtos químicos alcalinos) dentro do reservatório, com o objetivo de elevar a eficiência da água ou mesmo aumentar a eficácia dos surfactantes, que atuam como detergentes limpadores que ajudam a diminuir a tensão superficial que impede o fluxo livre do óleo ao longo do reservatório (SHENG, 2010; ALVARADO e MANRIQUE, 2010).

O método CEOR de injeção de polímeros é o mais aplicado, pois apresenta menor risco e compreende uma maior possibilidade de atuação em uma faixa maior de condições de reservatório, apresentando um custo relativamente pequeno. Novas tecnologias baseadas em polímeros tem surgido, estando atualmente sob avaliação em escala piloto, tendo por objetivo aumentar a disponibilidade de métodos CEOR competitivos (ex: géis de dispersão coloidais (CDG) e BrightWater®) (ALVARADO e MANRIQUE, 2010).

Os métodos químicos de EOR (CEOR) foram muito aplicados nos anos 80, sendo que a grande parte deles dedicados a reservatórios de arenito. Em 1986, o total de projetos ativos atingiu o pico, com a injeção de polímeros como o mais importante método CEOR. Por outro lado, a partir de 1990 a produção de petróleo a partir de métodos CEOR mostrou-se insignificante em todo o mundo, exceto na China, muito devido ao fato de a CEOR revelou-se muito sensível à volatilidade dos mercados de petróleo, apesar dos recentes avanços nas composições de injeção, que podem ser aplicadas com baixa concentração de surfactantes, e com custos em aditivos químicos diminuídos (ALVARADO e MANRIQUE, 2010).

Já o emprego de organismos biologicamente ativos com o objetivo de aperfeiçoar a recuperação de petróleo não é um conceito inteiramente novo. Em 1926, a ideia de que

microrganismos poderiam ser empregados para liberar óleo de meios porosos foi introduzida inicialmente e, posteriormente, em 1946, revelou-se um procedimento no qual bactérias redutoras de sulfato eram empregadas de forma a potencializar a recuperação de óleo.

Por outro lado, segundo Brow (2010), desde 1946, mais de 400 patentes da MEOR foram emitidas, mas nenhuma ganhou aceitação da indústria petrolífera. A maior parte sobre MEOR é de experimentos de laboratório ou de ensaios de campo de duração insuficiente ou que carecem de provas convincentes do processo, estando ainda restritos, em grande parte, em fase de pesquisa, com pequenos projetos de P&D, em escala laboratorial e ou piloto.

A pesquisa em recuperação avançada por via microbiológica (MEOR) concentrou-se, predominantemente, nos métodos *ex situ* e *in situ* de emprego de produtos MEOR nas atividades petrolíferas e nos desafios de extração de, que incluem a imiscibilidade do óleo na água, a alta viscosidade do petróleo bruto e o tamanho dos componentes do petróleo bruto (PATEL, BORGOHAIM, *et al.*, 2015).

A MEOR *in situ* se dá pela adição de agentes microbianos selecionados no reservatório e a subsequente estimulação e transporte de seus produtos de crescimento no reservatório. Unidades auto-duplicadoras, nomeadamente as células bacterianas, são injetadas no reservatório e, através da sua multiplicação, aumentam os efeitos benéficos. Esses agentes modificam as propriedades do fluido para torná-los mais favoráveis à recuperação de petróleo, geralmente por reações químicas, daí a interligação da classificação (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

A MEOR *ex situ* os subprodutos da cultura microbial, os produtos químicos, são produzidos fora do poço e são injetados posteriormente. Desta forma, o método permite um controle melhorado do processo de recuperação, pois as composições, os compostos e os produtos específicos são selecionados previamente à injeção no reservatório. O método *ex situ* da MEOR emprega micróbios desenvolvidos em laboratório e os produtos microbianos de

interesse, como os biosurfactantes, são extraídos destes micróbios de laboratório e misturados com a água de injeção, estando por vezes em combinação com produtos químicos sintéticos (CEOR/MEOR). De outra forma, micróbios laboratoriais isolados são injetados diretamente no poço, para que produzam os subprodutos de ação desejados no interior do reservatório (PATEL, BORGOHAIM, *et al.*, 2015).

Os processos MEOR citados, *ex situ* e *in situ*, apresentam aplicabilidade específica, um frente ao outro, pois, por exemplo, bactérias desenvolvidas para aplicação *ex situ* não podiam ser empregadas em condições de pressão e temperatura do reservatório subterrâneo, pois não conseguiam sobreviver, enquanto outras bactérias termofílicas de aplicação *in situ* sim.

Devido a essas restrições das técnicas MEOR convencionais, novas pesquisas em biotecnologia do petróleo estão sendo realizadas de modo a desenvolver a recuperação avançada microbiológica de petróleo com base na engenharia genética (GEMEOR), com o intuito de aplicar métodos de engenharia genética de forma a combinar as características favoráveis de vários organismos e criar estirpes mais eficientes. Esta nova técnica tem por objetivo ampliar o escopo da MEOR, não só aplicando conceitos e processos da engenharia genética, mas também objetivando permitir a produção e emprego de produtos bioquímicos mais eficientes em poços de petróleo, de modo que o rendimento dos subprodutos seja elevado, tornando a técnica economicamente viável. Entretanto, a técnica é muito nova e aplicada somente em nível laboratorial e em escala piloto (PATEL, BORGOHAIM, *et al.*, 2015).

Outra técnica em desenvolvimento diz respeito ao emprego de enzimas à recuperação avançada de petróleo (EEOR). As enzimas são proteínas utilizadas para catalisar muitas reações bioquímicas, e são aplicadas à recuperação de óleo em conjunto com outras enzimas ou surfactantes. As enzimas podem ser usadas para modificar a permeabilidade da rocha do

reservatório ou ajudando, quando do entupimento MEOR, na quebra de células bacterianas insolúveis, melhorando, assim a eficiência de injeção de biopolímeros. Além disso, algumas enzimas podem quebrar os componentes do petróleo bruto, tornando a recuperação muito mais fácil. No entanto, é a capacidade de adsorção das proteínas enzimáticas e o consequente aumento na molhabilidade da água o que mais ajuda a EEOR. Mas, como as outras técnicas, a EEOR *ex situ*, ainda é uma promessa não confirmada e não adotada pela indústria (PATEL, BORGOHAIM, *et al.*, 2015).

4.3 POR AÇÃO DE SOLVENTE

A EOR de recuperação por gás compreende a injeção de gás natural, nitrogênio ou dióxido de carbono no interior do reservatório, de modo que haja a expansão dos gases injetados, promovendo, assim, a mobilidade dos gases injetados através do reservatório, ou mesmo propiciando a mistura ou dissolução dos mesmos no óleo, sendo, então, preferencialmente, um solvente ao óleo, a fim de reduzir a viscosidade da fração oleosa e permita o decorrente aumento do fluxo de óleo na formação, possibilitando sua recuperação (EPRI, 1999).

Os métodos EOR por injeção de solvente podem ser divididos em quatro grupos principais: injeção miscível de hidrocarboneto, injeção miscível de CO₂, injeção imiscível de CO₂, injeção de gás de combustão (miscível e imiscível) (LAKE, 1996).

Desde 1908, são realizadas pesquisas de EOR por injeção de gás. Estas tiveram crescimento constante, com as primeiras pesquisas (ALVARADO e MANRIQUE, 2010). As primeiras operações de recuperação de petróleo com EOR com solvente datam do início dos anos 60 e incluía a injeção de pequenas quantidades de gás liquefeito de petróleo, o GLP. À medida que o preço do GLP aumentava, o método se tornava menos econômico. Entretanto,

na década de 1970, devido ao aumento dos preços do petróleo, o novo solvente preferido naquela época era o CO₂. Isso ficou evidente pelo aumento nas operações miscíveis de CO₂, de uma, em 1971, para 52, em 1990 (LAKE, 1989; DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

A produção de EOR por recuperação por solvente apresentava, no início, uma pequena fração da produção total dos métodos de EOR, menos de 10% da produção de EOR em 1971. Em 1989, a EOR por dióxido de carbono (CO₂-EOR) foi o método que ganhou maior destaque dentre as técnicas disponíveis. A despeito do desenvolvimento inicial da técnica ter priorizado o emprego do dióxido de carbono oriundo dos depósitos naturais do dito gás, desenvolveram-se tecnologias mais avançadas à injeção de dióxido de carbono, como o obtido de fontes antropogênicas (indústria e etc.) (LAKE, 1996).

Com a acentuação da tendência crescente a partir do ano 2000, especialmente com o aumento de projetos empregando o CO₂, a partir de 2002, vislumbrou-se que os projetos de EOR por injeção de solvente, notadamente com o emprego de dióxido de carbono com solvente de injeção, superaram os projetos térmicos (TEOR) pela primeira vez nas três décadas anteriores a 2010 (ALVARADO e MANRIQUE, 2010). Já em 2010, passaram a representar a maior parte da produção de óleo incremental por solvente, chegando a 55%, com o método de CO₂ miscível (CO₂-EOR) representando 74% desse total, e o método miscível de hidrocarbonetos representando 22% desse total (TOUKAN, 2012).

4.3.1 por ação de solvente dióxido de carbono (CO₂-EOR)

Relativamente às técnicas de injeção miscível de dióxido de carbono (CO₂), injeção imiscível de CO₂, denota-se que o termo miscível é definido como "dois fluidos que se misturam em todas as proporções dentro de uma única fase". A injeção miscível de CO₂ é usada para recuperar petróleo de peso leve a médio (maior que 22 API), enquanto a injeção imiscível de CO₂ é mais efetiva com petróleo pesado (abaixo de 22 API) e em reservatórios de drenagem gravitacional (SAGD). Com base nessa distinção, as injeções miscíveis de CO₂ apresentam maior potencial na recuperação de petróleo bruto de teores mais valiosos (LAKE, 1996).

Segundo Lake (1996) o dióxido de carbono é um agente efetivo nas operações de EOR devido às suas propriedades físico-químicas, notadamente quando em estado de fluido supercrítico, ao ser submetido à alta pressão, em que o CO₂ apresenta sua densidade semelhante a um líquido e difusividade e viscosidade semelhantes a gases. Além disso, em determinadas condições, o dióxido de carbono torna-se miscível com o petróleo. Nestas condições, a densidade do CO₂ fica muito próxima da densidade do petróleo bruto, isto é, elevadas, e as viscosidades ficam baixas, o que vem a facilitar o deslocamento da mistura de CO₂-Óleo em direção aos poços produtores.

Já a miscibilidade³¹ geralmente ocorre de acordo com um desses dois mecanismos: miscibilidade de primeiro contato ou miscibilidade de múltiplos contatos. No primeiro caso, define-se quando dois fluidos se misturam em contato, em que se tornam miscíveis, sem separação observável. Por outro lado, como é o caso do óleo e do CO₂, outros fluidos não são

³¹ A miscibilidade é quando há a dissolução completa entre dois ou mais fluidos, sem que haja a formação de interfaces (FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, PEDROSA JUNIOR e PINHO, 2018).

miscíveis ao primeiro contato e exigem múltiplos contatos e uma pressão mínima antes de se tornarem miscíveis (LAKE, 1996).

Sobre a história de desenvolvimento das técnicas de CO₂-EOR, destaca-se que, em 1972, a Chevron instalou o primeiro projeto CO₂-EOR de grande escala na bacia ocidental do Permiano, no Texas, nos EUA. Já no ano de 2013, o CO₂-EOR contribuiu com aproximadamente 3,7% da produção nacional estadunidense, algo em torno de 280.000 barris por dia. Atualmente, existem em torno de 70 campos de petróleo, localizados em onze estados norte-americanos, que empregaram a tecnologia CO₂-EOR como um meio de aperfeiçoar a recuperação de petróleo. Globalmente, os EUA têm o maior número de projetos ativos de CO₂-EOR e ocupa o primeiro lugar em termos na produção total de petróleo a partir do método, o que responde por aproximadamente 80% do petróleo obtido globalmente a partir da injeção de CO₂ (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016).

Raven e colaboradores (2016) revelam que outras regiões estão investindo na tecnologia CO₂-EOR também para campos maduros, embora com uma contribuição relativamente pequena para a produção global. Ainda, segundo os autores, existem aproximadamente 140 projetos em CO₂-EOR em todo o mundo, que contribuem com em torno de 0,35% da produção diária global de petróleo, isto é, aproximadamente 300.000 barris por dia.

Em 2014, a Cooperação Econômica da Ásia-Pacífico (APEC) estimou, em um estudo, que o processo CO₂-EOR poderia aumentar os recursos recuperáveis de petróleo para entre 18 a 78 bilhões de barris para os países estudados. No entanto, uma fonte constante de CO₂ de baixo custo seria necessária, somando-se a um meio de transportar o CO₂ para os campos petrolíferos, bem como uma maior segurança jurídica. Além disso, a identificação de fontes potenciais de CO₂ próximas a reservatórios de petróleo, políticas e estruturas legais mais responsivas e a criação de metodologias de avaliação dos projetos CO₂-EOR são imperiosas

ao planejamento, financiamento e execução dos projetos (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016).

Relativamente aos EUA, em 2010 aproximadamente 78% do CO₂ empregado nas operações estadunidenses de CO₂-EOR vieram de fontes geológicas de ocorrência natural de CO₂. Alguns outros projetos de CO₂-EOR nos EUA têm suas fontes de CO₂ obtidas, tanto de formações naturais, quanto de fontes antropogênicas, incluindo fontes de combustão de CO₂, como oriundo de usinas de energia (RAVEN, MATSUSHITA e WHITE, 2016).

Assim, denota-se que a tecnologia CO₂-EOR é um método comprovado para a melhoria e manutenção da produtividade de um reservatório de óleo. Ademais, além de ser a tecnologia mais empregada entre os métodos EOR desde os anos 1970, numa realidade de preços de petróleo relativamente baixos, somados ao crescente número de campos petrolíferos em maturação em todo o mundo, esta pode desempenhar um importante e decisivo papel na extensão da vida produtiva dos reservatórios.

Acrescenta-se que a CO₂-EOR é atualmente a tecnologia que está sendo considerada como solução definitiva ao armazenamento geológico de longo prazo para o CO₂, devido à sua rentabilidade econômica resultante da produção incremental de petróleo, compensando o custo do sequestro de carbono (CSS) (VERMA, 2015).

5 METODOLOGIA

Como verificado no Capítulo 1, a estratégia das empresas, quando atreladas ao objetivo da inovação, pode definir o comportamento das mesmas no mercado ao longo do tempo. Essa atuação compreende diversos comportamentos, não excludentes entre si, como uma atuação de forma tradicional, dependente, oportunista, imitativa, ofensiva ou defensiva (FREEMAN e SOETE, 2009). Obviamente, entende-se que a estratégia adotada sempre será direcionada ao objetivo final de obter uma vantagem competitiva frente aos pares concorrentes no mercado. E, neste âmbito, os documentos de patentes irão atuar como importante instrumento nesta equação competitiva, garantindo a propriedade privada dos atores sobre suas invenções nos diferentes mercados de interesse.

Não só isso, o *Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights* (Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio, em português, de sigla TRIPS), promulgado no Brasil pelo Decreto nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994, em sua seção 25, artigo 28, define bem como as patentes são usadas como instrumentos legais de atuação no mercado:

1. Uma patente conferirá a seu titular os seguintes direitos exclusivos:
 - a) quando o objeto da patente for um produto, o de evitar que terceiros sem seu consentimento produzam usem, coloquem a venda, vendam, ou importem com esses propósitos aqueles bens;
 - b) quando o objeto da patente for um processo, o de evitar que terceiros sem seu consentimento usem o processo, usem, coloquem a venda, vendam, ou importem com esses propósitos pelo menos o produto obtido diretamente por aquele processo.
2. Os titulares de patente terão também o direito de cedê-la ou transferi-la por sucessão e o de efetuar contratos de licença (BRASIL, 1994).

O resultado da concessão das patentes aos seus titulares, como já evidenciado no Capítulo 2, ao conferir direitos exclusivos, é tornar as informações tecnológicas públicas. As patentes, portanto, se traduzem em uma fonte de informação tecnológica e, também, favorecem a compreensão do processo de evolução e aplicação de novas tecnologias no

mercado e na sociedade. Com isso, a pesquisa em patentes, transformada em informação, pode suportar o conhecimento necessário aos tomadores de decisão, de forma a possibilitar um planejamento estratégico acertado aos investimentos presente e futuro (ARCHIBUGI, 1992; ARCHIBUGI e PLANTA, 1996).

Segundo o *OECD Patent Statistics Manual* (2009), a pesquisa convertida em estatística baseada em depósitos de patente é um importante indicador sobre o grau de atuação das firmas, especialmente sobre seu interesse em atuar em determinados mercados. Ainda, tais estatísticas permitem medir a inventividade de países, regiões, empresas ou inventores individuais, e são usadas para mapear a dinâmica dos processos de inovação, como, por exemplo, a cooperação em pesquisas, a difusão de tecnologias em setores ou países e etc., ou mesmo possibilitar o monitoramento do próprio sistema de patentes e os padrões da globalização.

Assim, a importância da presente etapa fundamentou-se no objetivo de qualificar e quantificar, até a categorização, os dados ligados à recuperação terciária de petróleo (EOR), de maneira ampla e específica, tendo por base a sua evolução ao longo de uma série temporal definida.

5.1 CONCEITUAÇÕES TEÓRICAS E DEFINIÇÕES METODOLÓGICAS AO ESTUDO PROSPECTIVO EM PATENTES

Segundo Silva (2017), um projeto de pesquisa se resume em um caminho viável que conduza a um objetivo final anteriormente planejado. E, sobre tal, os autores destacam a indispensável consideração de fatores, tais como o embasamento teórico, o problema à solução, as hipóteses correlatas e, por fim, o cronograma de metas. Ainda, os autores

destacam que não há regras preestabelecidas na elaboração de um projeto de pesquisa, visto que essas são dependentes do tipo de assunto e suas particularidades.

Assim, a **análise inicial das metodologias disponíveis** na literatura teve por objetivo fundamentar a construção de uma estratégia própria, específica, que pudesse ser adotada de forma a determinar indicadores confiáveis, capazes de descrever, empiricamente, a evolução tecnológica do setor de petróleo, mais especificamente com relação à recuperação terciária de petróleo, a EOR.

Segundo Griliches (1990), a estimativa estatística baseada em documentos patentários pode indicar, com boa precisão, o grau de desenvolvimento tecnológico de um setor de interesse, assim como apontar quais são as empresas que mais investem em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a tendência tecnológica em um dado setor. Desta forma, a metodologia estratégica do presente estudo direcionou-se à busca de documentos patentários, considerando-se, inicialmente, a coleta de dados brutos, limitados aos depósitos de patentes ligados à EOR.

A **estratégia metodológica** escolhida empregou uma estrutura que considerou o estudo a partir de um espectro mais amplo, encadeando-o até um conjunto mais restrito em relação ao tema principal, semelhante àquela desenvolvida por Bardin (2011). A metodologia de prospecção de patentes foi, então, disposta em etapas organizadas sob um eixo de condução analítica pré-definido, que compreendeu a exploração do material, a elaboração da estratégia de busca, a seleção da base de dados à pesquisa das patentes, a recuperação dos documentos de interesse na base de dados e, por fim, a categorização dos documentos.

A partir dos resultados obtidos da metodologia é que se possibilita o tratamento e a interpretação dos dados, a fim de promover uma visão holística do estado da arte quanto às técnicas de EOR. Também, faz-se possível construir uma visão mais detalhada da tecnologia em suas diversas subáreas tecnológicas, inclusive possibilitando a identificação das subáreas

técnicas que mais receberam investimentos, os principais atores de mercado, e a inferência sobre as tecnologias mais proeminentes às rotas futuras à inovação.

Para tanto, a metodologia objetivou prover uma técnica de estudo que também fosse reproduutível, a partir da investigação empírica dos depósitos de patentes. O método de estudo com foco em documentos patentários qualifica-se frente a outros tipos de pesquisas, como as direcionadas a artigos científicos, jornalísticos e documentos técnicos, fornecidos ou não por empresas, pelo fato de que tais fontes de dados são, invariavelmente, afetadas por fatores diversos, como, por exemplo, por fatores que podem comprometer a transparência, a veracidade e a integralidade dos dados, já que muitas dessas fontes compreendem documentos que estão submetidos a interesses estratégicos particulares, de vertente competitiva, ou mesmo quanto a uma visão tendenciosa, que pode levar a um tratamento ou disponibilização parcial do conjunto de dados brutos.

Ainda, há de se considerar que o acesso às fontes não patentárias por vezes é dificultada por aspectos como a sazonalidade ou a inconstância das informações, onde tais fontes podem não fornecer uma cobertura integral do espaço temporal desejado ao estudo. Especificamente, no caso dos artigos científicos, há ainda a desvantagem ligada à falta de atualização, muitas vezes devido à necessidade de proteção da informação de interesse comercial.

Sobre outro foco, a pesquisa bibliográfica ora desenvolvida foi caracterizada por ser uma pesquisa qualitativa exploratória, corroborando com a estratégia conforme definida em vários postulados teóricos voltados à metodologia de pesquisa, ou seja, uma metodologia de pesquisa aplicada sem o emprego de um instrumental estatístico (GIL, 2010; LAKATOS e MARCONI, 2010; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013; CRESWELL, 2010). No caso, o componente qualitativo está relacionado à seleção de termos técnicos específicos da área de estudo, o que se mostrou necessário por diversos motivos, como, por exemplo, o fato de não

se ter um entendimento inicial sobre a abrangência histórica de determinados termos técnicos empregados atualmente na indústria de petróleo. Neste caso, o não conhecimento de toda a variação de termos técnicos, ou palavras-chaves, à definição de determinada tecnologia, poderia, obviamente, resultar em um levantamento de dados, dentro de uma série temporal, que não corresponderia à realidade.

Nesta etapa inicial, foi importante analisar os diversos pontos de conflito interpretativo envolvendo a tese investigativa, de modo a forjar o juízo de valor necessário ao reconhecimento seguro de todos os conceitos teóricos relativos ao tema, inclusive favorecendo, em um segundo momento, a construção de relações de causa e efeito. Tal estratégia, a despeito de ser própria, devido à adaptação ao tema de estudo, também se valida nos diversos arcabouços teóricos, reconhecidamente já aplicados à análise científica e comprovadamente importantes para a etapa de conclusão final (LAKATOS e MARCONI, 2010).

Denota-se que, da exploração qualitativa do material bibliográfico, foram alcançadas outras vantagens, como: inferências iniciais e identificação da existência ou não de pesquisas semelhantes, essas últimas descritas em relação aos métodos empregados e resultados obtidos, bem como a determinação de tendências gerais e particulares das tecnologias ligadas ao tema da tese.

Por fim, a metodologia analítica também foi quantitativa, pois envolveu o tratamento numérico dos conjuntos de dados, desde a análise das quantidades de informações bibliográficas coletadas, passando pela coleta de dados brutos em documentos de patentes, até a categorização final dos conjuntos de dados em documentos patentários, divididos nas subáreas tecnológicas da recuperação terciária de petróleo (EOR). Essa estratégia também seguiu os fundamentos teóricos previamente desenvolvidos, mas que foram adaptados ou

modificados conforme a necessidade específica de cada etapa (GIL, 2010; LAKATOS e MARCONI, 2010; SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2013; CRESWELL, 2010).

5.2 1^a ETAPA: EXPLORAÇÃO DO MATERIAL

Da revisão da literatura, obteve-se uma conceituação inicial das técnicas de recuperação de petróleo das formações subterrâneas, as quais foram compartimentadas em três grupos distintos, divididos por suas características técnicas essenciais e particulares:

- I. Recuperação Primária;
- II. Recuperação Secundária; e
- III. Recuperação Terciária (EOR).

A partir dessas três classificações básicas, foi possível parametrizar a área de interesse ao estudo, delimitada pelo item III, em que uma nova divisão foi realizada em razão da constatação, oriunda da análise bibliográfica exploratória inicial, de diferentes tecnologias aplicadas à EOR, organizadas nos seguintes subáreas:

1. Recuperação Avançada de Petróleo por ação de Temperatura (**TEOR**);
2. Recuperação Avançada de Petróleo por ação de Produtos Químicos (**CEOR**);
3. Recuperação Avançada de Petróleo por ação de Solventes, notadamente quando por gás dióxido de carbono (**CO2-EOR**); e
4. Recuperação Avançada de Petróleo por ação Microbiológica (**MEOR**).

Esses quatro grupos básicos formaram a base para as buscas subsequentes nos documentos patentários.

5.3 2^a ETAPA: SELEÇÃO DA BASE DE PATENTES

Para efetuar a etapa de levantamento de documentos de patentes, fez-se necessário, em primeiro lugar, selecionar uma base de dados dedicada à busca e recuperação dos ditos documentos. Tal base deveria cumprir requisitos básicos, como ser confiável e viável, isto é, estar disponibilizada em um conjunto amostral robusto em patentes e ser financeiramente acessível.

Cabe ressaltar que, na última década, as bases de dados cresceram enormemente na sua cobertura à recuperação de dados tecnológicos, notadamente em patentes. Estas foram aperfeiçoadas de forma a ligar os dados de patentes a outras informações, como a dados detalhados de empresas. As bases também se notabilizaram pela busca de uma uniformização dos dados patentários, tanto no que diz respeito às classificações da indústria, da codificação até níveis de territórios e regiões, assim como estiveram focadas em prover uma informação segura, até mesmo quanto aos endereços dos inventores ou depositantes (OECD, 2009).

Sobre tais aspectos, destacam-se as bases de dados proprietárias e pagas em patentes. Essas podem incluir informações adicionais sobre os processos de exame realizados nos diferentes escritórios nacionais ou regionais, como a apresentação e publicação do pedido, as alterações na propriedade da patente ao longo do exame técnico no escritório, ou durante a vida útil de uma patente. Esses dados raramente são registrados nas bases de dados de patentes tradicionais, que são disponibilizadas pelos escritórios de patentes, ou gratuitas (OECD, 2009).

Para tanto, selecionou-se, dentre muitas, a plataforma *Derwent Innovation*® (DI), pertencente à empresa *Clarivate Analytics*^{®32}. A plataforma DI destaca-se pelo conjunto

³² A Clarivate Analytics é uma empresa estadunidense que, dentre outros, fornece serviços de busca de informações científicas, incluindo patentes. A empresa fazia parte da divisão de Propriedade Intelectual e

completo de ferramentas de pesquisa fornecido, bem como apresenta como vantagem indiscutível o fato de ser considerada a base de dados de informações em patentes mais completa e abrangente do mundo, sendo, inclusive, a plataforma líder de mercado em pesquisa e análise de patentes, segundo dados fornecidos pelo proprietário (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

A DI fornece acesso às patentes e à literatura científica de maneira global, compreendendo documentos patentários depositados e publicados, em diferentes áreas, desde 1963, até os dias de hoje. As informações de patente são classificadas em três categorias, ou seções, específicas na dita plataforma: engenharia, química e engenharia elétrica (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

A citada plataforma *Derwent Innovation*® (DI) combina as bases *Derwent World Patents Index*®(DWPI)³³, *Derwent Patent Citations Index*® (DPCI) e *Chemistry Resource*. Entretanto, esta última não é necessária ao presente estudo, isso devido à sua finalidade, pois é voltada à localização de patentes contendo informações químicas a partir de um banco de dados de estruturas químicas. Portanto, as bases úteis são a DWPI® e a DCPI.

Cabe destacar que os documentos de patentes são, por natureza, documentos técnicos, que podem ser difíceis de ler, e, ainda, apresentam-se condensados em suas informações mais importantes. Neste caso, outra grande vantagem que justifica a seleção da citada plataforma de busca, repousa no fato de que todos os documentos patentários não são disponibilizados conforme depositados nos diversos escritórios. Antes, são revisados previamente à catalogação na base de dados da plataforma, em que, por exemplo, os resumos são criteriosamente reescritos por especialistas de cada área de concentração da área técnica

Ciência da Thomson Reuters. Em 2016, em um acordo de US\$ 3,55 bilhões, a divisão foi transformada em uma empresa independente e vendida às empresas de *Private Equity* Onex Corporation e Baring Private Equity Asia. Em 13 de maio de 2019, a Clarivate fundiu-se com a Churchill Capital. (CLARIVATE ANALYTICS, 2019a).

³³ A DWPI contém mais de 41,7 milhões de famílias de patentes que cobrem mais de 85,1 milhões de documentos de patentes, com cobertura de 61 autoridades de patentes em todo o mundo e 2 fontes de literatura (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

classificatória. Ainda, há a adição de outros dados ao documento de patente original, com o único intuito de possibilitar um entendimento indubitável, claro e preciso dos dados disponíveis à pesquisa técnica de interesse. Não só isso, a dita plataforma fornece também o acesso ao registro primário da patente completa, o que facilita a recuperação dos dados de forma integralizada (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

Outra vantagem da escolha da plataforma *Derwent Innovation®* (DI) é que esta apresenta um sistema proprietário de busca inteligente, que permite o emprego de operadores booleanos próprios ao truncamento de palavras-chave, como *AND*³⁴, *OR*³⁵ ou, *NOT*³⁶, na mesma frase, criando, assim, instruções de pesquisa lógicas, o que permite, por exemplo, a busca de palavras-chave mais específicas, a busca da mesma palavra-chave em todos os documentos, ou a busca de uma ou outra palavra-chave em cada documento ou grupo de documentos (CLARIVATE ANALYTICS, 2019b).

O emprego de operadores booleanos específicos ao truncamento também permite recuperar termos no plural e/ou com grafias variadas, como:

- * , que reporta zero para muitos caracteres;
- ? , que reporta um único caractere substituinte; e
- \$, que reporta zero ou um caractere.

³⁴ Pesquisa dois termos e determina que os dois devem estar presentes. Esse operador não requer que os termos estejam relacionados; ele requer apenas que os termos apareçam em qualquer parte do mesmo documento (CLARIVATE ANALYTICS, 2019b).

³⁵ Pesquisa dois termos e determina que pelo menos um deles deve estar presente. Esse operador não requer que os termos estejam relacionados; ele requer apenas que um ou os dois termos apareçam em qualquer parte do mesmo documento (CLARIVATE ANALYTICS, 2019a).

³⁶ Especifica um termo que deve ser excluído. Esse operador identifica documentos que contêm o primeiro termo de pesquisa especificado, mas que não contêm o segundo termo (CLARIVATE ANALYTICS, 2019a).

As palavras-chave definidas entre aspas evitam o espraiamento da busca para áreas técnicas que não são aqueles considerados como de interesse. Ainda, destaca-se do próprio manual da plataforma que:

os parênteses criam agrupamentos que ajudam a definir a ordem da operação. Os agrupamentos instruem o mecanismo de pesquisa proprietário a processar a consulta em uma ordem específica, evitando equívocos. As instruções de pesquisa que aparecem entre parênteses sempre são processadas primeiro (CLARIVATE ANALYTICS, 2019b).

Outro destaque importante é que a plataforma *Derwent Innovation*® (DI) permite o agrupamento dos documentos de patentes em famílias de patentes³⁷. Esse aspecto elimina, em definitivo, a possibilidade de contagem em duplidade dos documentos patentários e a consequente interpretação errônea da estatística dos dados finais.

A plataforma DI permite também, ao final da pesquisa, que os documentos recuperados na busca sejam exportados para os principais programas de computador especializados no tratamento gráfico e estatístico de resultados, como, por exemplo, o *Excel*® ou o *VantagePoint*®.

Por fim, a escolha da plataforma DI está ligada à integralização de mecanismos de busca mais bem estruturados e robustos, especialmente se tais mecanismos são comparados aos disponibilizados em outras plataformas com bases de dados em patentes gratuitas da internet, como, por exemplo, o Espacenet³⁸ e o PatentScope³⁹.

³⁷ Uma família de patentes é um conjunto de patentes depositadas em diferentes países objetivando proteger uma mesma invenção. Os documentos patentários que compõe uma família de patentes estão relacionados entre si através de um documento de prioridade, documento este relativo ao primeiro depósito, onde sua data de depósito é estendida aos demais, nos diferentes países em que foram depositados. Uma Família de patentes INPADOC define-se como compreendendo todos os documentos possuindo a mesma prioridade ou combinação de prioridades. Isto inclui todos os documentos de patente resultando de um primeiro pedido apresentado num dado organismo de Propriedade Industrial e do mesmo pedido apresentado, dentro do período de prioridade, em organismos de Propriedade Industrial de quaisquer outros países (EPO, 2019a).

³⁸ base do Escritório Europeu de Patentes (EPO), sistema permite fazer consultas em mais de 110 milhões de documentos de patentes de todo o mundo, depositados e publicados em mais de 80 países (EPO, 2019b).

³⁹ base da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), sistema permite fazer consultas em mais de 77 milhões de documentos de patentes de coleções nacionais e regionais, incluindo 3,7 milhões de pedidos de patentes internacionais publicados (PCT) (WIPO, 2019a).

5.4 3^a ETAPA: ELABORAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA EM PATENTES

O passo seguinte foi o de elaborar uma estratégia de busca aplicável à plataforma *Derwent Innovation*® (DI), utilizando-se das bases DWPI® e DPCI. Esta compreendeu, de maneira geral, o uso de **palavras-chave**, extraídas da análise documental inicial, conjuntamente ao emprego de **indexadores** organizados por **classificadores específicos**. Por meio do truncamento dos conjuntos de indexadores de cada classificador com as palavras-chave, na plataforma de busca DI, é que se obteve o conjunto de dados brutos final, os quais foram aptos à etapa final da metodologia, a de categorização.

Na primeira busca, a seleção e emprego de palavras-chave percorreu uma rotina específica de restrição do número de palavras-chave para com o tema EOR e, da mesma forma, para com o número de indexadores oriundos da Classificação Internacional em Patentes (IPC, sigla em inglês) e do *Derwent World Patent Index Manual Codes*® (DWPI *Manual Codes*®) (CLARIVATE ANALYTICS, 2019b).

Antes de prosseguir, cabe trazer à luz que um indexador é um código específico usado dentro de uma plataforma de classificação para identificar assuntos estudados ou representados num dado documento. Eles funcionam como facilitadores de acesso à recuperação, e cada sistema classificador propõem indexadores próprios para este fim. Além disso, quanto melhor, ou mais exaustiva for esta classificação, mais bem indicado e recuperável estará o assunto que é foco da busca (LANCASTER, 2004). Assim, a IPC e o DWPI *Manual Codes*® possuem indexadores próprios para recuperar documentos que tratam assuntos iguais ou semelhantes. Faz-se necessário, portanto, detalhar as potencialidades de cada sistema classificador, de modo a justificar sua seleção dentre outros disponíveis:

5.4.1 Classificação Internacional de Patentes (IPC)

A *International Patent Classification* (IPC, em português, Classificação Internacional de Patentes) comprehende um sistema de classificação, onde os indexadores são compostos por letras e números. O sistema é gerido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI, ou WIPO, em inglês) e utilizado pela grande maioria dos escritórios regionais ou nacionais de patentes (WIPO, 2019b).

A IPC é um sistema de classificação hierárquico, arranjado em uma estrutura de árvore de decisão, que permite a pesquisa em patentes (pedidos de patente, especificações de patentes concedidas, modelos de utilidade, etc.) conforme a área técnica que pertence cada documento, e serve, ainda, como uma ferramenta padronizada ao arranjo ordenado dos ditos documentos mundialmente, pois os escritórios nacionais o adotam à indexação de seus depósitos de patentes. Assim, a IPC é, portanto, uma base imprescindível à recuperação de informações patentárias (WIPO, 2019b).

A IPC divide a tecnologia em oito seções com aproximadamente 70.000 subdivisões. Cada subdivisão tem um símbolo composto por algarismos árabes e letras do alfabeto latino. No nível hierárquico mais elevado, as oito seções, que correspondem a conjuntos organizados em áreas técnicas mais amplas, são codificadas por letras, em sequência alfabética, de A até H (WIPO, 2019b), conforme definidas:

A — Necessidades humanas;

B — Operações de processamento; Transporte;

C — Química; Metalurgia;

D — Têxteis; Papel;

E — Construções Fixas;

F — Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão;

G— Física; e

H — Eletricidade.

As seções são, então, divididas em subconjuntos de maior detalhamento: **Classes**, definidas por números identificadores, que estão subdivididas em mais de 640 **Subclasses**; Subclasses, definidas por letras do alfabeto; e, em Grupos e Subgrupos, onde, em ambos os casos, são definidos por números. A hierarquia dos subgrupos em grupos principais é designada por pontos que precedem os títulos dos grupos (WIPO, 2019b).

Da classificação final na IPC é necessário, ainda, saber que a matéria técnica de uma invenção não tem limites estabelecidos, e que um invento pode receber mais de uma classificação, ou tantas quantas forem necessárias ao alcance de uma melhor catalogação. Ainda, na IPC, mesmo que não haja local específico para a classificação do invento, empregam-se classificações que sejam as mais apropriadas e próximas à melhor definição do objeto da invenção.

Por fim, destaca-se que mais de 1.000.000 de documentos patentários foram emitidos por ano, nos últimos 10 anos, com classificação IPC (WIPO, 2019b).

5.4.2 Derwent World Patent Index CPI Manual Codes[®]

O *Derwent World Patent Index* e *Citation Patent Index Manual Codes[®]*, ou simplesmente *DWPI Manual Codes[®]* (em português, Códigos Manuais do Índice de Patentes da Derwent), é um sistema de classificação hierárquica, que objetiva ser uma ferramenta de recuperação e análise em documentos de patentes. Os códigos manuais *DWPI* indexam os aspectos inventivos e significativos de uma invenção, além de suas aplicações comerciais.

A classificação pelos *DWPI Manual Codes[®]* foi introduzida, inicialmente, em 1963. Com o tempo, novas tecnologias foram introduzidas, acarretando no desenvolvimento de

novos indexadores particulares. Os indexadores, como na IPC, são aplicados às invenções, de modo restrito, tendo o objetivo de serem exaustivos à descrição das mesmas, notadamente às características essenciais dos inventos. Os ditos *DWPI Manual Codes*[®] são geridos e atribuídos por equipes de analistas especialistas da *Clarivate Analytics*[®] (CLARIVATE ANALYTICS, 2019b; CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

Os principais benefícios do uso dos ditos *DWPI Manual Codes*[®] reside em: uma definição independente de outros classificadores, como IPC, CPC e etc., fornecendo uma **segunda opinião** segura e robusta sobre as características importantes de uma dada invenção e uma cobertura abrangente de depósitos de patentes, inclusive da etapa inventiva, diferentemente o que faz a classificação IPC. Ainda, destaca-se que a construção classificatória é realizada por uma equipe de pessoas que trabalham juntas em uma única organização, em vez de examinadores que trabalham de forma independente entre si, em mais de 100 escritórios de patentes espalhados ao redor de todo o mundo, como no caso da IPC, o que corrobora para uma maior uniformidade analítica à indexação dos documentos. Ademais; os códigos manuais *DWPI* são atualizados todo ano (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

O *DWPI Manual Codes*[®] é dividido em três seções de tecnologia, delimitadas por letras. Existem aproximadamente 26.000 indexadores *DWPI Manual Codes*[®], que estão divididos da seguinte forma: seções de A a N, relativas ao Índice de Patentes Químicas (CPI), que compreendem mais de 8.000 indexadores; seções P e Q, relativas ao Índice de Patentes Geral e de Mecânica (GMPI), compreendendo mais de 3.000 indexadores; e as seções S a X, relativas ao Índice de Patentes Elétricas (EPI), que compreendem mais de 15.000 indexadores (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

Denota-se que os *DWPI Manual Codes*[®] estão ordenados pelas seções, delimitadas pelos indexadores, como se segue:

- A** - Polímeros, Plásticos (Plasdoc);
- B** - Farmacêutica (FarmDoc);
- C** - Químicos Agrícolas (Agdoc);
- D** - Alimentos, Desinfetantes, Detergentes;
- E** - Químicos Gerais (Chemdoc);
- F** - Têxteis, Papel;
- G** - Impressão, Revestimento, Fotográfico;
- H** - Petróleo;
- J** - Engenharia Química;
- K** - Nucleônicos, explosivos, proteção;
- L** - Refratários, Vidro, Cerâmica;
- M** – Metalurgia; e
- N** – Catalisadores.

As subdivisões compreendem: **Classe**, que corresponde à subárea principal de tecnologia (por exemplo, óleo cru e gás natural: 01); **Subclasse**, que corresponde a uma aplicação específica, ainda ampla, para a área de tecnologia (por exemplo, produção: D); um **Grupo Principal**, que comprehende os principais componentes da tecnologia para uma aplicação particular (por exemplo, injeção de água, geral: 06); e um **Subgrupo**, que define precisamente uma área específica, dentro de um grupo principal particular (por exemplo, injeção de polímeros: C) (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

No caso do objeto de interesse desta tese, a letra **H** é empregada à indexação de um conjunto amplo de documentos de patentes relativos à área de petróleo, como um todo. Sob esta seção estão indexados, seguidos por uma sequência de dois números, de 01 a 09, as

subclasses hierarquicamente inferiores: H01, de patentes relativas a petróleo e gás natural; H02, de patentes relativas às operações unitárias ligadas a petróleo e gás natural; H03, de patentes relativas ao transporte e estocagem de petróleo e gás natural; H04, de patentes relativas ao processamento de petróleo; H05, de patentes relativas à engenharia de refino; H06, de patentes relativas a combustíveis líquidos e gasosos; H07, de patentes relativas à lubrificação e a lubrificantes; H08, de patentes relativas a outros produtos de petróleo; e, por fim, H09, de patentes relativas a combustíveis de origem não petrolífera. Ainda, sob essas subclasses estendem-se, em hierarquia descendente, diversos outros grupos e subgrupos de maior especificação quando ao propósito tecnológico do documento patentário, os quais serão abordados em mais detalhes à frente neste estudo.

5.5 4^a ETAPA: DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE BUSCA EM PATENTES

Definida a plataforma de busca de dados e as bases classificadoras, passou-se à execução da estratégia de busca.

A presente etapa foi realizada através de uma rotina inicial, de tentativa e erro, até se chegar a uma melhor estratégia de seleção aos documentos patentários de interesse. Tais documentos foram resultado de um truncamento ideal entre um conjunto fiável dos indexadores das classificações IPC e *DWPI Manual Codes®* com as palavras-chave selecionadas.

De início, verifica-se que a plataforma DI oferece muitas coleções abrangentes em dados de patentes globais. Devido a isso, antes da busca propriamente dita, fez-se necessário selecionar um pacote de coleções de patentes de interesse. Neste caso, optou-se pela coleção proprietária da base de dados: *Enhanced Patent Data - DWPI and DPCI*, que corresponde aos conjuntos DWPI (*Derwent World Patents Index®*) e DPCI (*Derwent Patent Citations Index*),

disponível no catálogo de opções *Change Collections* do dito programa (Vide Apêndice A para justificativa à seleção). A Figura 6, que se segue, revela a configuração da estratégia de busca na plataforma DI com a seleção da coleção citada anteriormente.

Após a escolha da coleção DWPI® e DPCI na plataforma DI, selecionou-se a opção *Abstract-DWPI*, correspondente ao *tag* de busca ABD, para a área de busca onde seriam inseridas as palavras-chave. A opção *Abstract-DWPI* diz respeito ao conjunto de resumos aprimorados, elaborados por especialistas da plataforma, em língua inglesa, que detalha as reivindicações, a matéria constante do relatório descritivo, destacando o uso principal e as vantagens da tecnologia. No caso, o *Abstract-DWPI* pode conter, ainda, uma ou mais das seguintes seções: novidade, descrição detalhada, atividade, uso, vantagem, descrição do desenho e do foco da tecnologia (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c).

Figura 6: Seleção da coleção *Enhanced Patent Data - DWPI and DPCI*.

The screenshot shows the Derwent Innovation platform's patent search interface. At the top, there are tabs for 'PATENT SEARCH' and 'PUBLICATION NUMBER'. Below these, there are two tabs: 'FIELDDED' (selected) and 'EXPERT'. A red box highlights the 'Change collections' dropdown, which is set to 'Enhanced Patent Data - DWPI and DPCI'. To the right of this dropdown is a 'Preview/edit query' section containing the search term 'DP>=(18360101);'. The main search area contains several search fields: 'Smart Search-Topic' (with placeholder 'Enter key terms or text block'), 'Assignee/Applicant-DWPI' (set to 'Fanuc'), 'Publication Date' (set to '1836-01' to 'YYYY-M1'), and another 'Smart Search-Topic' field. There are also buttons for 'AND', 'OR', and 'NOT'. At the bottom of the search area are buttons for 'Templates', 'Clear All Fields', 'Reset', and 'Search'. Below the search area is a 'SEARCH RESULTS' section with a table header: 'Item', 'Publication Number', 'Assignee/Applicant', 'Publication Date', and 'Current IPC'. The table displays the message 'No records'.

Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

A escolha inicial das palavras-chave alimentadas na caixa de seleção, *Abstract-DWPI*, seguiu uma estratégia racional, a partir de um conjunto de palavras escolhidas do levantamento bibliográfico, isto é, a partir da análise documental e exploração do material (vide etapas anteriores da metodologia). Inicialmente foram inseridas as palavras-chave conforme reveladas na Tabela 4.

Para as palavras-chave iniciais, foi empregado o operador booleano *OR*, para cada conjunto de palavras compreendidas **dentro** de cada agrupamento, isto é, nos 1, 2 e 3. E, ainda, foi empregado o operador booleano *AND* ao truncamento **entre** os agrupamentos 1, 2 e 3. A estratégia ficou definida conforme o equacionamento exemplificado: (palavra-chave (1) do agrupamento (1) OR palavra-chave (2) do agrupamento (1)) AND (palavra-chave (1) do agrupamento (2) OR palavra-chave (2) do agrupamento (2)) AND (palavra-chave (1) do agrupamento (3) OR palavra-chave (2) do agrupamento (3)).

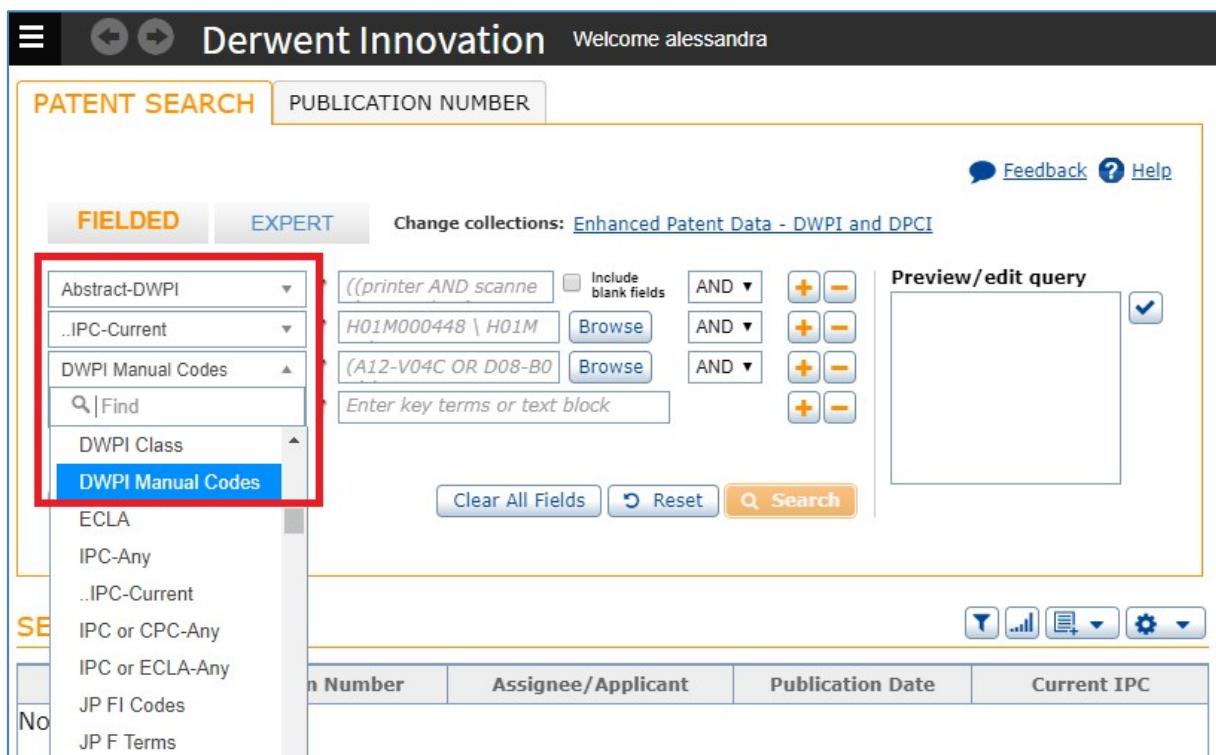
Tabela 4: Conjunto inicial, em agrupamentos, das palavras-chave referentes à tecnologia de restrição.

Agrupamento	Palavras-chave
1	Tertiary Enhanced Improved Developed
2	Oil Petroleum Crude
3	Recovery Retrieval Regaining Recapture

Fonte: Elaboração própria.

Ao mesmo tempo, foram inseridas as indexações, selecionadas manualmente, de cada sistema classificador, ou seja, da IPC e do *DWPI Manual Codes*⁴⁰, tendo como fundamento à escolha o arcabouço técnico-teórico desenvolvido nos estudos bibliográficos anteriores. As indexações ora selecionadas foram alimentadas na base de busca: *Current IPC*⁴⁰ e *DWPI Manual Codes* da plataforma DI (Figura 7).

Figura 7: Seleção Classificação *DWPI Manual Codes*[®].



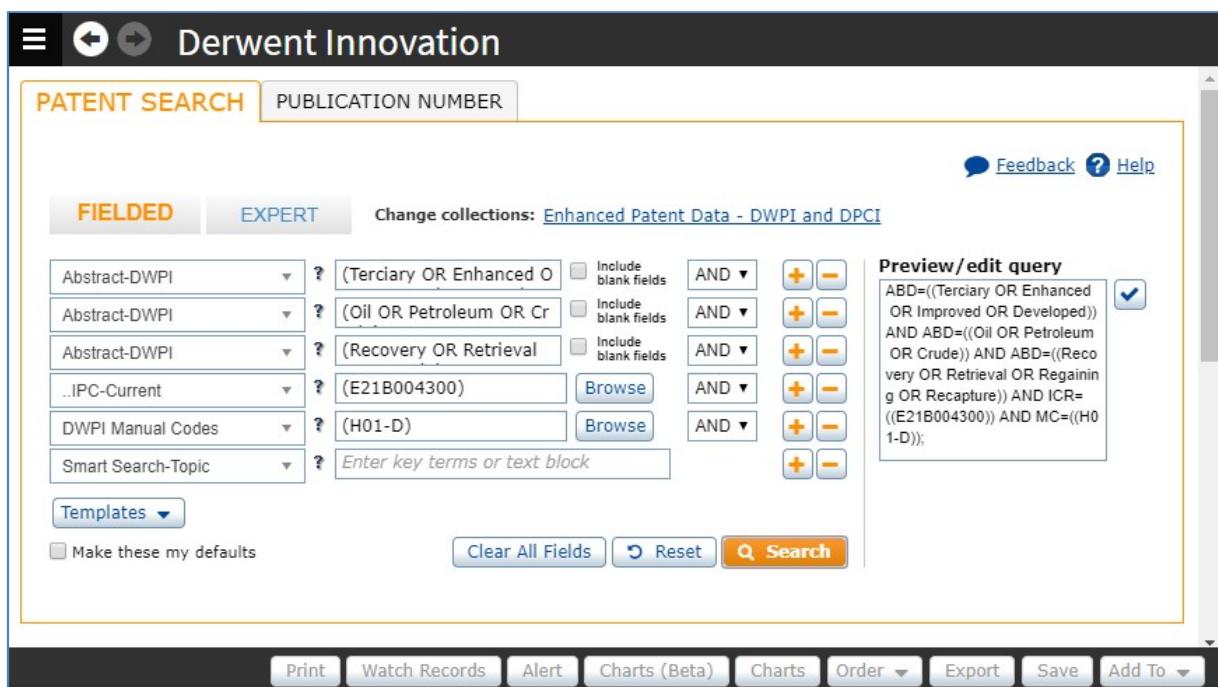
Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

Optou-se por selecionar inicialmente somente um indexador de cada classificação IPC e *DWPI Manual Codes*[®], de modo a garantir uma busca inicial abrangente e não restritiva, justificando a estratégia de recuperar o maior número de documentos de patentes possíveis relativos ao tema. Neste caso os classificadores foram: **E21B 43/00**, que diz respeito a

⁴⁰ A opção *Current IPC* se traduz na classificação literal encontrada no classificador IPC (CLARIVATE ANALYTICS, 2019c).

“Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços”; e **H01-D**, que diz respeito à produção de petróleo. O encadeamento hierárquico dos indexadores, bem como sua definição, pode ser verificado no Apêndice B deste estudo, para cada classificação. A estratégia inicial está descrita na Figura 8, que se segue.

Figura 8: Estratégia de busca inicial configurada na plataforma DI – palavras-chave, e indexadores IPC e *DWPI Manual Codes*[®].



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

A busca inicial retornou somente **597** documentos, descritos em **103** famílias de patentes. Devido a este primeiro resultado limitado e não satisfatório, optou-se por reduzir a busca somente aos termos técnicos, ou seja, às palavras-chave. O resultado obtido dessa estratégia recuperou **68.025** documentos, descritos em **14.283** famílias de patentes, em todo o período histórico disponibilizado pela plataforma DI.

Em seguida, configurou-se a plataforma DI para expor somente os 20 primeiros resultados de maior incidência numérica com relação aos indexadores das classificações IPC e

do *DWPI Manual Codes*[®]. Estes foram contabilizados numericamente em uma tabela compilada no Apêndice B.

Os 20 indexadores mais recorrentes de cada classificador foram alimentados nas respectivas caixas de opções da plataforma, sendo posteriormente realizada a busca. Esta foi repetida várias vezes, de forma que possibilitasse ajustes na seleção do conjunto de palavras-chaves. Dentre outros fatores, tais ajustes foram necessários pelo fato de que foi verificado, por leitura amostral de alguns dos documentos recuperados (títulos e resumos), que uma parte dos documentos poderia estar sendo perdida na busca mais restritiva.

Empregou-se um método iterativo de tentativa e erro até o limite em que os resultados finais estivessem compreendidos no universo do tema de estudo, de maneira ampla. Tal constatação foi realizada também pela leitura amostral de alguns documentos recuperados da base de dados (título e resumo), o que propiciou a validação e o término aceitável da rotina iterativa.

Ao final, concluiu-se que as palavras-chave que deveriam ser aplicadas à estratégia final seriam somente as palavras *oil* e *recovery* (óleo e recuperação, em português), as quais seriam truncadas na plataforma DI com os indexadores específicos das classificações IPC e *DWPI Manual Codes*[®], conforme a Tabela 5 e Tabela 6.

Da busca em *DWPI Manual Codes*[®], cita-se como exemplo, das classificações **aceitas**, a H01-D09, que corresponde à seção H, de “Petróleo”, à Classe 01, “Óleo cru e gás natural”, à Sub-Classe D, “Produção”, e, por fim, correspondente ao Grupo 09, de “Métodos químicos”, à recuperação. De outra forma, da busca em *DWPI Manual Codes*[®], cita-se, como exemplo, das classificações **não aceitas**, a D04-A01, que corresponde à Seção D, de “Alimento, fermentação, desinfetantes, detergentes”, à Classe 04, “Tratamento de água, água de descarte e esgoto”, à Sub-Classe A, “Processo geral de tratamento de água”, sendo correspondente ao Grupo 01, de “Purificação geral”.

Tabela 5: Classificações IPC atreladas ao primeiro evento de busca.

Indexador Classificação IPC	
C	Química; Metalurgia
C09	Corantes; Tintas; Polidores, Resinas Naturais Adesivos; Composições não abrangidos em outros locais; Aplicações de Materiais não abrangidos em outros locais
C09K	Materiais para aplicações diversas, não incluídas em outro local; Aplicações de Materiais não incluídos em outro local.
C09K 8/00	Composições para perfuração de orifícios ou poços; Composições para o tratamento de orifícios ou poços, p. ex. para as operações de acabamento ou de reparação
C09K 8/58	Composições para métodos de otimização na recuperação de hidrocarbonetos, i.e. para melhorar a mobilidade do óleo, p. ex. fluidos de deslocamento
C09K 8/584	caracterizadas pelo uso de tensoativos específicos
C09K 8/588	caracterizado pelo uso de polímeros específicos
C09K 8/60	Composições para estimular a produção por atuação sobre a formação subterrânea
E	Construções Fixas
E21	Perfuração Do Solo; Mineração
E21B	Perfuração Do Solo Ou Rocha; Obtenção De Óleo, Gás, Água, Materiais Solúveis Ou Fundíveis Ou Uma Lama De Minerais De Poços
E21B 43/00	Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços
E21B 43/12	Métodos ou aparelhos para controlar o fluxo do fluido obtido para ou em poços (E21B 43/25 tem prioridade; disposições de válvulas
E21B 43/16	Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos
E21B 43/20	Deslocamento Pela Água
E21B 43/22	Emprego De Produtos Químicos Ou De Atividade Bacteriana
E21B 43/24	Usando calor, p. Ex. Injeção de vapor (de água)
E21B 43/25	Métodos Para Estimular A Produção
E21B 43/26	pela formação de fendas ou de fraturas
E21B 43/30	Distribuição específica de poços, p. ex. espaçamento do escapamento de poços (estações satélites de produção)

Fonte: Elaboração própria a partir de WIPO (2019b).

Tabela 6: Classificações *DWPI Manual Codes®* atreladas ao primeiro evento de busca.

Indexador Classificação <i>DWPI Manual Codes®</i>	
A	<i>POLYMERS; PLASTICS</i>
A12	<i>Polymer applications</i>
A12-W	<i>Other Applications</i>
A12-W10	<i>Mining, Oil Wells</i>
A12-W10B	<i>Well Stimulation, Flooding, Recovery, fracturing</i>
H	<i>PETROLEUM</i>
H01	<i>Crude Oil and Natural Gas</i>
H01-B	<i>Drilling</i>
H01-C03	<i>Fracturing; Fracking</i>
H01-D	<i>Producing</i>
H01-D06	<i>Water Flooding, General</i>
H01-D06B	<i>Steam Flooding</i>
H01-D06D	<i>Polymer Flooding</i>
H01-D08	<i>Thermal Methods</i>
H01-D09	<i>Chemical Methods</i>
Q49	<i>Mining</i>
Q49-A	<i>Mining and Quarrying Equipment</i>
Q49-V	<i>Material Neing Mined or Quarried</i>
Q49-V35	<i>Fluids; Slurry</i>

Fonte: Elaboração própria a partir de Clarivate Analytics (2019b).

Cita-se, como exemplo das classificações IPC **aceitas**, a E21B 43/24, que corresponde à Seção E, de “Construções Fixas”, à Classe 21, “Perfuração do solo; mineração”, à Sub-Classe B, “Perfuração do solo ou rocha; Obtenção de óleo, gás, água. Materiais solúveis ou fundíveis ou uma lama de minerais de poços”, e, por fim, correspondente ao Grupo 43, de “Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços”, e Sub-grupo 24, que é imediatamente inferior ao Sub-grupo 16, que trata de “Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos; recuperação do solo contaminado *in situ*”, mas especifica os métodos “usando calor, por exemplo injeção de vapor”.

De outra forma, cita-se como exemplo, das classificações IPC **não aceitas**, a C10G 1/04, que corresponde à seção C, de “Química, Metalurgia”, à Classe 10, “Indústria do petróleo, do gás ou do coque; gases técnicos contendo monóxido de carbono; combustíveis, lubrificantes; turfa”, à Sub-Classe G, “Craqueamento de óleos hidrocarbonetos; produção de misturas, hidrocarbonetos líquidos, por exemplo, por hidrogenação destrutiva, oligomerização, polimerização”, e, por fim, correspondente ao Grupo 1, de “Produção de misturas líquidas de hidrocarboneto a partir de xisto betuminoso, de arenitos oleíferos, ou de matérias carbonáceas sólidas não fusíveis ou similares, p. ex. madeira, carvão”, e Sub-grupo 04, que trata da dita especificação do Grupo 1, mas que sejam métodos “por extração”.

Com relação a este primeiro esforço de busca, retornou-se um conjunto de dados brutos de **35.054** documentos patentários.

O resultado das classificações aceitáveis da primeira busca foi organizado e, posteriormente, alimentados na plataforma *Derwent Innovation®* (DI) para uma segunda busca, incluindo as palavras-chave ***oil*** e ***recovery***, na opção selecionada *Abstract-DWPI*, e o truncamento com os indexadores das classificações, com as opções selecionadas *Current IPC*

e *DWPI Manual Codes*[®] na plataforma DI, todos os grupos sendo truncados com o operador booleano *AND*.

Cabe ressaltar que algumas outras classificações foram acrescentadas na segunda busca, como a classificação **IPC C09K 8/582**, que corresponde à seção C, de “Química, Metalurgia”, à Classe 9, “Corantes, tintas, polidores, resinas naturais, adesivos, composições não abrangidos em outros locais, aplicações de materiais não abrangidos em outros locais”, à Sub-Classe K, “Adesivos, aspectos não mecânicos de processos adesivos em geral, processos adesivos não incluídos em outro local, uso de materiais como adesivos”, e, por fim, correspondente ao Grupo 8, de “Composições para perfuração de orifícios ou poços; Composições para o tratamento de orifícios ou poços, p. ex. para as operações de acabamento ou de reparação”, e Sub-grupo 58, de “Composições para métodos de otimização na recuperação de hidrocarbonetos, i.e. para melhorar a mobilidade do óleo, p. ex. fluidos de deslocamento”, e, mais especificamente, do Sub-Grupo 582 “caracterizadas pelo uso de bactérias”, para que as possíveis composições aplicáveis na recuperação avançada por ação microbiológica esteja, de forma completa, abrangida na busca.

Também, considerou-se as classificações **IPC C09K 8/592** e **C09K 8/594**, que, com definições idênticas acima, diferenciam-se nos Sub-grupos finais, respectivamente, “Composições usadas em combinação com geração de calor, p. ex. por injeção de vapor d’água” e “Composições usadas em combinação com o gás injetado”. E, ainda, foi considerada a classificação IPC a **E21B 43/25**, que tem Seção, Classe, Sub-Classe, e Grupo idênticos aos já definidos acima, diferenciando no Sub-grupo 25, que trata de “Métodos para estimular a produção”.

Por fim, acrescentou-se também na segunda busca a classificação **H01-D13**, referente ao *DWPI Manual Codes*[®], que compreende as definições idênticas às já discriminadas

anteriormente para a Seção, Classe e Sub-Classe, diferenciando-se somente no Grupo, que no caso é o Grupo 13, o qual é relativo aos métodos de produção “usando bactéria”.

Figura 9: Estratégia de busca final – palavra-chave, e indexadores IPC e DWPI Manual Codes®.

Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

Figura 10: Detalhe da estratégia de busca final codificada para a plataforma DI.

Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

Como **resultado final** da etapa obteve-se um conjunto de dados brutos que totalizou **18.170** documentos patentários, organizados em **6.341** documentos unificados em suas famílias de patentes, que correspondem, de alguma forma, à recuperação avançada de petróleo. A Figura 9 e

Figura 10 revela a estratégia final aplicada à plataforma *Derwent Innovation*® (DI), tanto com relação ao preenchimento nas caixas de texto digitáveis da plataforma DI, como

com relação a toda a linha editável de comandos, que possibilita a fácil reprodução da busca conforme realizada no presente estudo.

5.6 5^a ETAPA: PROCESSAMENTO DE DADOS DA BUSCA EM PATENTES

Finalizada a etapa de levantamentos de dados, passou-se à etapa de processamento da base de dados brutos. Os dados brutos recuperados da plataforma *Derwent Innovation®* (DI) foram **exportados** para uma planilha em formato *Excel®*, em que foi possível selecionar, com antecedência, as opções específicas e necessárias à exportação, atreladas a cada documento patentário. Cabe ressaltar que o conjunto de dados brutos originais foi salvo na plataforma de busca DI.

Os conjuntos escolhidos à exportação para a planilha em *Excel®* foram:

- *Abstract – DWPI*: corresponde a um resumo aprimorado, preparado pela equipe editorial do DWPI. Este resumo conciso, em inglês, detalha as reivindicações e descrição da invenção e destaca o principal uso e vantagens da tecnologia;
- *Assignee – DWPI*: corresponde ao depositante, revisado pela equipe editorial do DWPI
- *Assignee Code – DWPI*: é um código único de identificação de 4 letras, atribuído a uma das aproximadamente 21.000 empresas em todo o mundo. A pesquisa desses códigos recupera subsidiárias e participações relacionadas à empresa especificada.
- *DWPI Accession Number*, que é o número de acesso DWPI, que se traduz como um código único atrelado a cada documento patentário;

- *DWPI Family Members*: definição familiar rigorosa, na qual cada membro compartilha prioridades exatas (exceto equivalentes de não-convenção) com cada membro da família;
- *DWPI Manual Codes*: categorizam patentes, indicando termos específicos e detalhes técnicos em terminologia padronizada;
- *INPADOC Family Members*: definição de família de documentos patentários que inclui divisões, continuações e continuações em parte. Neste caso, há uma prioridade compartilhada entre os membros da família;
- *IPC-DWPI (icd)*: Os símbolos do IPC são atribuídos após revisão pela equipe especializada do DWPI, que corrigem quaisquer erros ou inconsistências. O IPC-DWPI sempre reflete o IPC-Current e é sempre apresentado no nível de invenção (família);
- *Optimized Assignee*: revisão especializada pela equipe da DWPI para determinar o atual proprietário de uma patente e mostrá-lo em um nome único e padronizado para esse proprietário
- *Priority Number – DWPI*, o número de pedido de um pedido previamente apresentado (o pedido prioritário) a partir do qual um pedido de patente demanda a dita prioridade. Neste caso, baseado em dados de toda a família DWPI;
- *Priority Date – DWPI*: a data em que o pedido prioritário foi apresentado, com base em dados de toda a família DWPI®;
- *Priority Date Earliest*: a data mais antiga entre todos os pedidos prioritários apresentados;
- *Application Date*: data de depósito do documento de patente.

- *Publication Date*: data em que uma patente ou pedido foi publicado oficialmente. O código do tipo correspondente é mostrado entre parênteses após a data de publicação na visualização do registro;
- *Publication Number*: alguns países/regiões reutilizam números de publicação para diferentes invenções e dependem do código único (*Kind Code*) para estabelecer a singularidade do número. Por causa disso, ao fazer uma pesquisa de número de publicação, é sempre melhor incluir o código único em seus critérios de pesquisa;
- *Title – DWPI*: é um título conciso, descritivo, em inglês, escrito por especialistas da DWPI, para destacar o conteúdo e a novidade da invenção.

Posteriormente, realizou-se a **importação** dos dados brutos da planilha em *Excel*[®] para o programa de computador onde se fez o tratamento dos dados brutos, o *VantagePoint*[®] (versão 8.0). A importação dos dados brutos da planilha em *Excel*[®] para o ambiente da plataforma de sumarização, de *data mining*, *VantagePoint*[®], foi realizada na totalidade dos documentos, ou seja, nos **18.170** documentos patentários, organizados em **6.341** famílias de patentes.

Cabe destacar que o *VantagePoint*[®] é uma ferramenta de prospecção poderosa de texto, empregada para a descoberta de conhecimento em resultados de busca em bancos de patentes e literatura. A plataforma **sumariza** todos os dados, conforme o critério de organização inicial de cada sumário, facilitando a análise das informações dispostas em dados brutos, e permite o processamento e recuperação condicional de grande quantidade de dados, de modo a adequá-los conforme objetivos diversos. A plataforma auxilia na compreensão rápida das informações, permitindo obter resultados de pesquisa em informações passíveis de análises qualitativas e quantitativas, como, por exemplo, realizar, como no caso dos documentos patentários, a harmonização dos documentos de patentes em relação aos nomes

das empresas, autores e inventores, já que este parâmetro pode ter diferentes denominações para documentos de uma mesma família de patentes (THE VANTAGE POINT, 2019).

5.7 6^a ETAPA: CATEGORIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE PATENTE

Posteriormente, foi realizada a divisão de cada documento patentário em função de seus indexadores das classificações IPC ou *DWPI Manual Code*[®], onde os diferentes conjuntos foram salvos em diferentes sumários na plataforma *VantagePoint*[®], ou seja, os mesmos documentos foram duplicados, separados e endereçados a indexadores específicos, um relativo somente às classificações IPC e outro relativo somente às classificações *DWPI Manual Code*[®]. Isso foi possível por meio do emprego do *DWPI Accession Number*, que, como já apontado, é um número de acesso que se traduz como um código único atrelado a cada documento patentário.

Em seguida, procedeu-se a categorização da base de dados quanto às classificações relativas ao tema de estudo. Através do *VantagePoint*[®] criou-se uma rotina analítica simplificada, parcialmente automatizada, de seleção das classificações relacionadas à recuperação terciária de petróleo (EOR), bem como uma rotina de descarte de documentos não relacionados ao tema.

Para os documentos considerados de interesse, o processamento dos dados à qualificação quanto à classificação IPC foi feito de forma considerar os seguintes grupos possíveis: MEOR & CEOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação microbiológica ou por ação química), TEOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação da temperatura) e CO2-EOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação solvente dióxido de carbono). Os documentos não categorizados em uma dessas áreas não foram inicialmente considerados. As classificações

IPC relativas aos tópicos MEOR & CEOR, TEOR e CO2-EOR estão constantes na Tabela 7, em que se destaca que não houve a possibilidade de haver separação entre MEOR e CEOR, pela própria limitação dos códigos indexadores IPC disponíveis.

Tabela 7: Categorização dos códigos indexadores das classificações IPC.

Subgrupo EOR	Classificação	Número de documentos
MEOR & CEOR	E21B 43/22 e C09K 8/582	2.247
TEOR	E21B 43/24, E21B 43/241, E21B 43/243, E21B 43/247, E21B 43/248, E21B 43/263, C09K 8/592	1.665
CO2-EOR	C09K 8/594	176
CATEGORIZADOS (TOTAL)		4.088

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Já o processamento dos dados à categorização quanto à classificação *DWPI Manual Code*[®] foi feito de forma considerar os seguintes grupos: MEOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação microbólica), CEOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação química), TEOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação da temperatura) e CO2-EOR (tecnologias relativas à recuperação avançada de petróleo por ação solvente dióxido de carbono). As classificações *DWPI Manual Code*[®] relativas a MEOR, CEOR, TEOR e CO2-EOR estão constantes na Tabela 8.

Tabela 8: Categorização dos códigos indexadores das classificações *DWPI Manual Code*[®].

Subgrupo EOR	Classificação	Número de documentos
MEOR	H01-D13	245
CEOR	H01-D06A, H01-D06D, H01-D06E, H01-D09	1.627
TEOR	H01-D08, H01-D06B	1.667
CO2-EOR	H01-D06C	245
CATEGORIZADOS (TOTAL)		3.784

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Cabe ressaltar que os documentos de patente que não receberam qualquer tipo de enquadramento aos grupos acima, foram tratados posteriormente em nova estratégia à categorização.

Em seguida, procedeu-se o agrupamento de ambos os conjuntos de documentos que foram categorizados separadamente, isto é, em relação aos indexadores das classificações IPC e *DWPI Manual Code*[®]. Este novo conjunto foi sumarizado na plataforma *VantagePoint*[®], o qual incorporou as categorias: MEOR & CEOR, MEOR, CEOR, TEOR e CO2-EOR.

Na etapa seguinte executou-se uma análise criteriosa sobre os documentos que receberam a categoria MEOR & CEOR, notadamente devido à falta de especificidade quanto às tecnologias EOR, ou seja, por não haver clareza se o documento de patente é relativo à recuperação terciária de petróleo por ação microbiológica, a MEOR, ou se o mesmo é relacionado à recuperação terciária de petróleo por ação de produtos químicos, a CEOR, ou mesmo se o dito documento de patente englobe as duas tecnologias, MEOR e CEOR, ou, por fim, se há a necessidade de se acrescentar alguma outra tecnologia, TEOR ou CO2-EOR. Esse conjunto representou **2.247** documentos, unificados em suas famílias de patentes.

A estratégia adotada para sanar a limitação quanto à correta categorização do grupo MEOR & CEOR se traduziu na leitura individual de todos os **2.247** documentos. A leitura foi

direcionada aos títulos e aos resumos de cada documento patentário, identificando e qualificando apropriadamente cada documento à categoria, ou categorias, específicas.

A análise qualitativa dos títulos e dos resumos possibilitou verificar se a categoria de cada documento estava atribuída corretamente, ou se precisava ser corrigida, com a troca da categoria, bem como se seria necessário atribuir outra categoria, que não as consideradas inicialmente, ou mesmo a desconsideração do documento por completo.

Finalizada esta etapa, realizou-se a leitura dos documentos que não tiveram qualquer categoria atribuída, ou seja, que não receberam indexadores da classificação IPC, nem da classificação *DWPI Manual Code*[®]. Esses totalizaram **1.244** documentos patentários, unificados por suas famílias de patentes. Da mesma forma, realizou-se a análise qualitativa dos títulos e dos resumos, de modo a atribuir uma categoria correta aos documentos quanto às tecnologias específicas de EOR, isto é, MEOR, CEOR, TEOR e/ou CO2-EOR. Denota-se que, da leitura, assim como realizado anteriormente, verificou-se se o documento permaneceria atendendo a uma ou mais categorias, ou, neste último caso, se o documento deveria ser desconsiderado da base de dados.

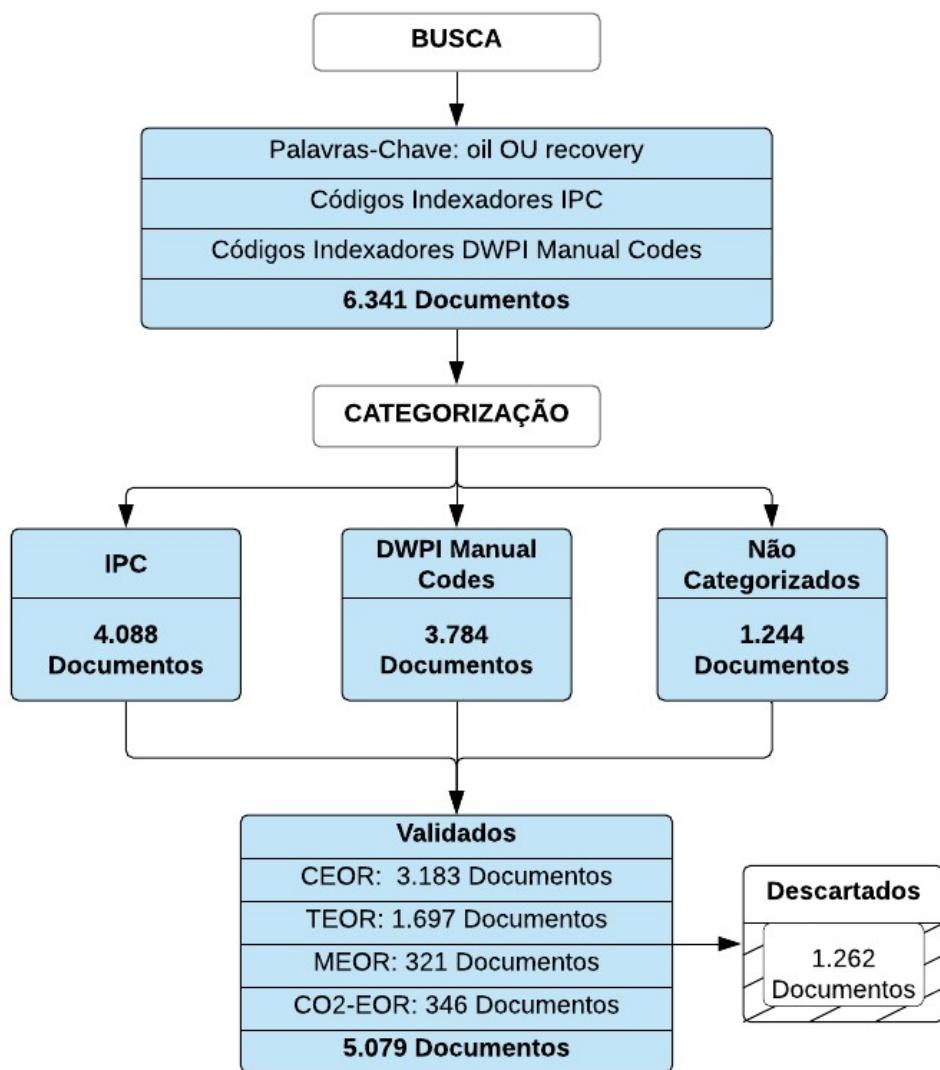
Assim, **5.079** documentos, unificados em suas famílias de patentes, oriundos do conjunto de dados brutos inicial de **6.341** documentos, foram validados e categorizados, e **1.262** documentos, unificados em suas famílias de patentes, foram considerados não pertinentes, por não estarem relacionados às tecnologias ligadas ao tema deste estudo (Figura 11). Ressalta-se que, ao longo do procedimento de categorização, realizou-se a leitura de um total de **3.364** documentos, unificados em suas famílias de patentes (2.247 lidos do grupo MEOR & TEOR e 1.244 lidos do grupo dos não categorizados por classificação).

Ao final desta etapa obteve-se não somente o conjunto de dados categorizados, prontos ao tratamento analítico posterior dos resultados, mas também uma estratégia de busca

reprodutível, capaz de ser reaplicada indefinidamente, por meio de uma plataforma de busca e de sumarização similares.

Ainda, destaca-se que o emprego de ambas as plataformas não é exclusiva, ou seja, a estratégia desenvolvida não está condicionada às plataformas de busca e sumarização adotadas no presente trabalho, sendo, portanto, universal.

Figura 11: Estratégia de busca e categorização dos documentos patentários.

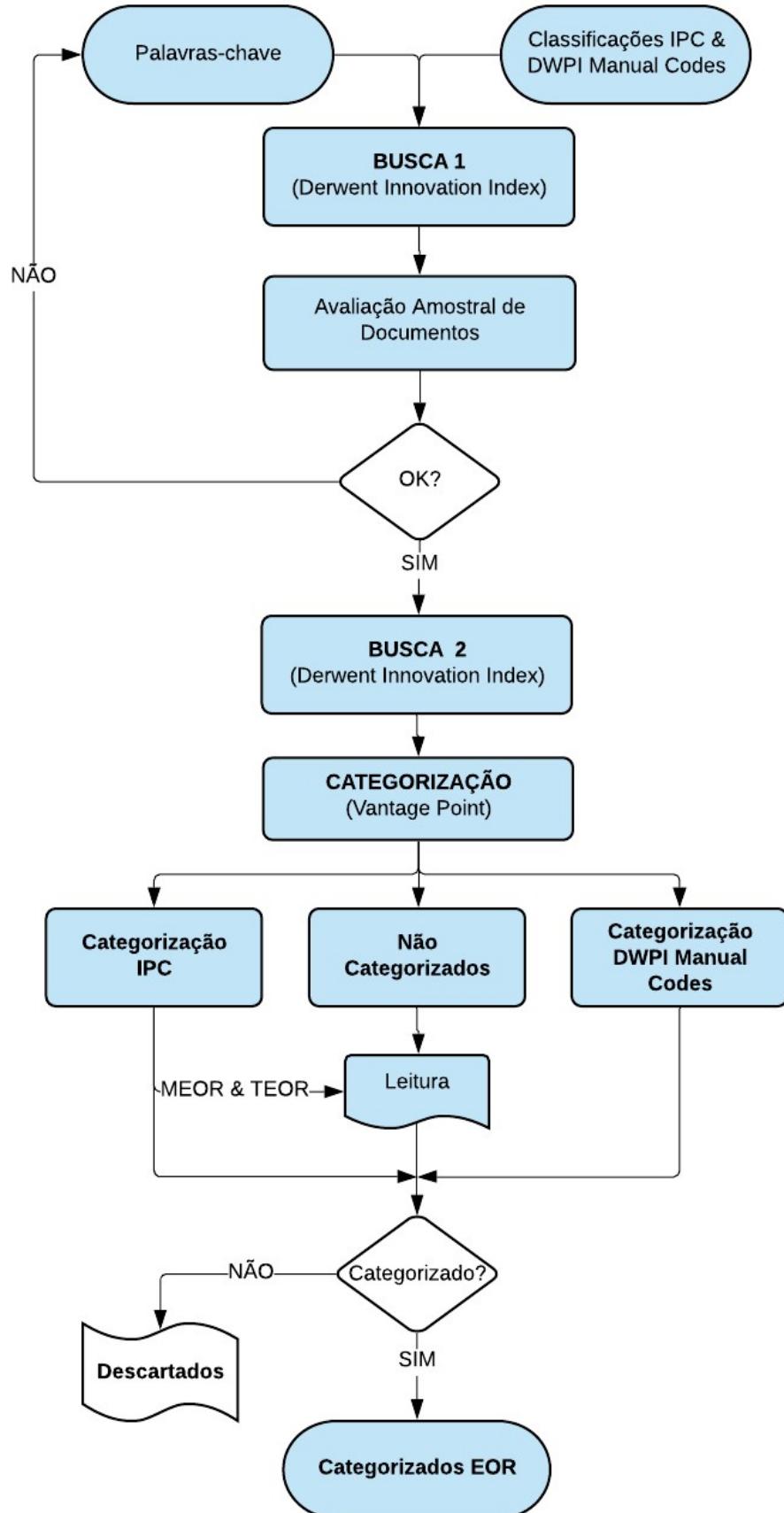


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Em vista de facilitar a visualização e entendimento de toda a estratégia, da busca inicial até a categorização, desenvolveu-se um fluxograma, na forma de um algoritmo de decisão, conforme revelado na Figura 12, que facilita o entendimento e reprodutibilidade da estratégia.

Por fim, é importante destacar que toda a estratégia elaborada foi consolidada na data de 24 de outubro de 2019. Portanto, qualquer outro documento de patente, que porventura tenha sido indexado na plataforma *Derwent Innovation®* (DI), notadamente atrelado às tecnologias de recuperação terciária de petróleo (EOR), não foi considerado em data *a posteriori* à definida. Contudo, bastaria reaplicar a estratégia, seguindo o procedimento conforme adotado no presente estudo, para que os resultados sejam atualizados.

Figura 12: Algoritmo de decisão da estratégia de busca e categorização das patentes em EOR.



Fonte: Elaboração própria.

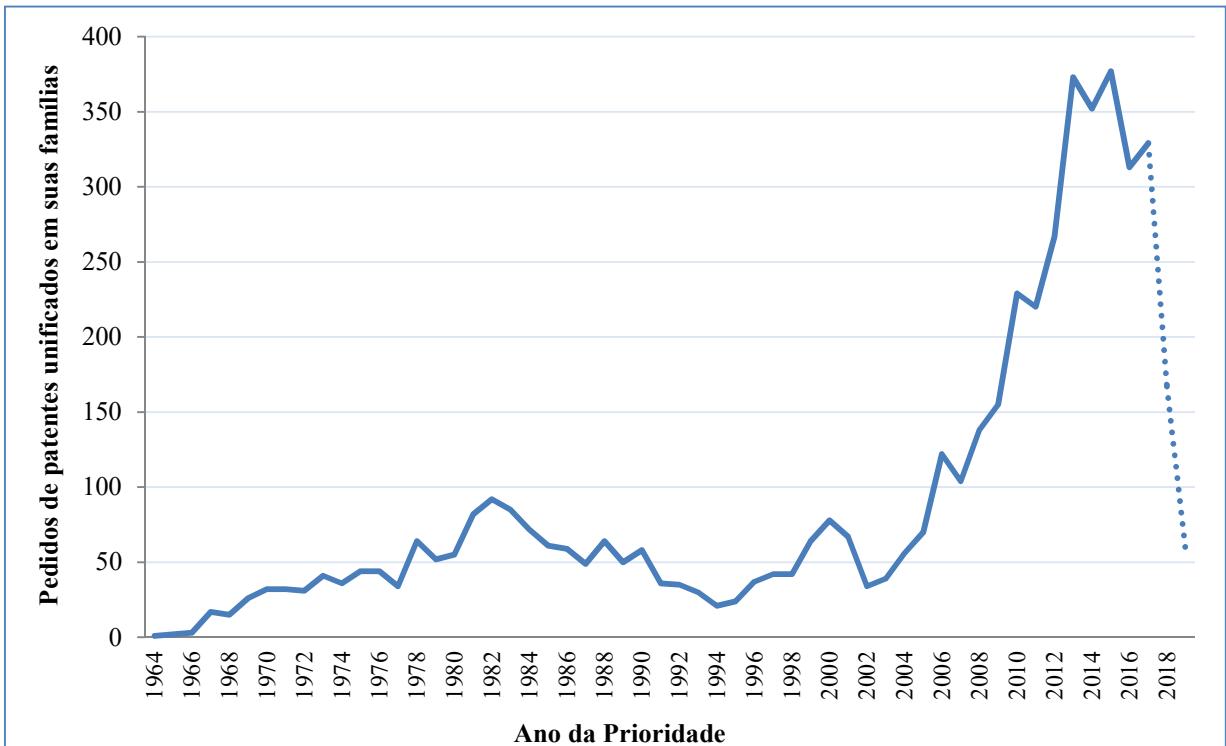
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da evolução temporal dos ditos depósitos patentários com foco na recuperação terciária de petróleo (EOR) pode validar o entendimento de crescimento do interesse mundial sobre o tema, especialmente por empresas e instituições de pesquisa, na medida em que a demanda de petróleo avança significativamente.

A partir dos dados categorizados ao final do Capítulo 5, fez-se necessário analisá-los sob a ótica da construção do conhecimento na área do presente estudo. Tal objetivo se deu pela identificação dos principais depositantes em recuperação terciária de petróleo (EOR), empresas e instituições, os principais mercados de atuação desses entes, descritos nos países de depósito de patentes, e, ainda, com relação às subáreas tecnológicas da EOR, ou seja, a recuperação terciária de petróleo por ação química (CEOR), térmica (TEOR), por solvente dióxido de carbono (CO₂-EOR) e por ação microbiológica (MEOR).

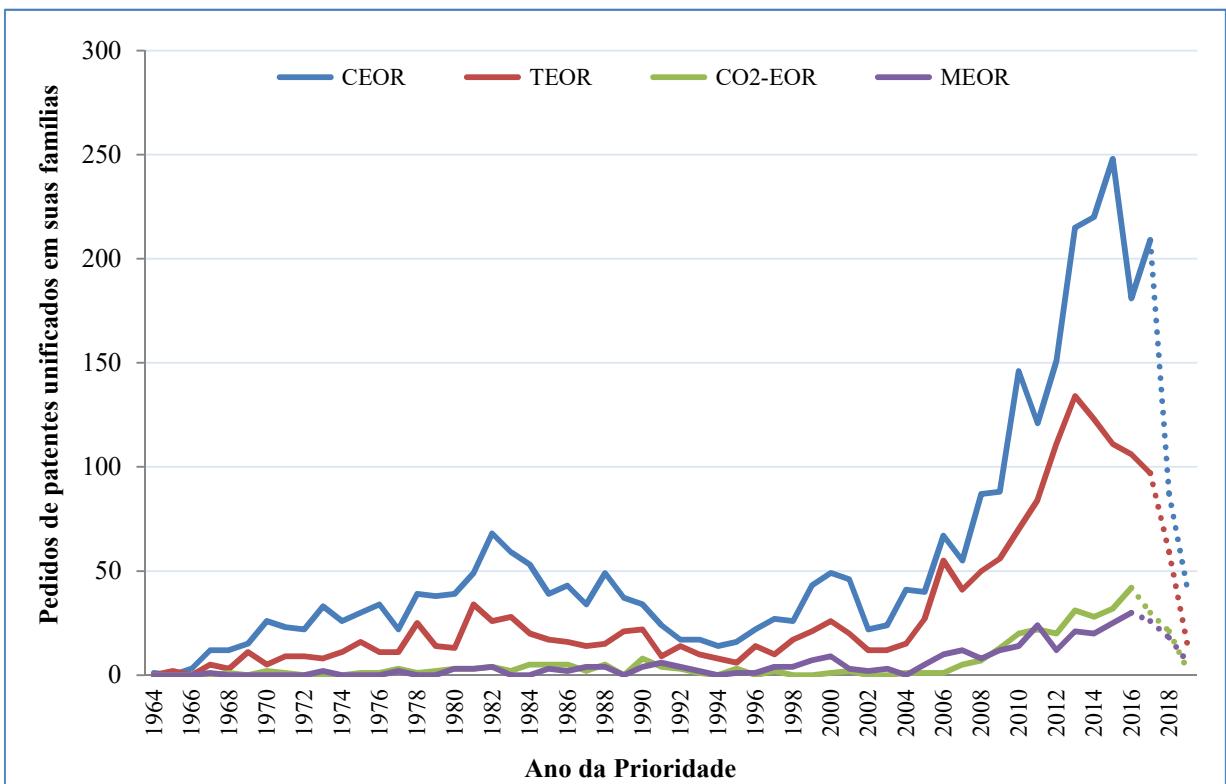
Inicialmente, os dados brutos categorizados foram ajustados na plataforma *Derwent Innovation®* (DI) com relação à data de prioridade mais antiga e condensados em suas famílias (**5.079** documentos), sendo, em seguida, **exportados** para uma planilha em *Excel®*. Também, foram exportados o conjunto de documentos totais, isto é, compreendendo **15.621** patentes categorizadas e não unificadas em famílias. Desse último conjunto de dados, obteve-se em *Excel®* um gráfico (Figura 13) da distribuição temporal de todos os documentos de patentes categorizados e, ainda, um gráfico da mesma evolução temporal, só que discriminando separadamente as subáreas tecnológicas à EOR (Figura 14), ou seja: a recuperação terciária de petróleo: por ação química (CEOR), por ação da temperatura (TEOR), por ação de microorganismos (MEOR); e por ação de solvente específico dióxido de carbono (CO₂-EOR).

Figura 13: Evolução temporal do número total de patentes em EOR.



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

Figura 14: Evolução temporal do número total de patentes nas subáreas de EOR.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

6.1 PERÍODO DE CORTE DA SÉRIE HISTÓRICA

Do tratamento gráfico (Figuras 13 e 14), verificou-se ser explícito, a partir do ano de **2005**, que há um **crescimento exponencial** no números de depósitos de patentes em EOR, isso replicado em toda série histórica de subáreas tecnológicas, isto é, em CEOR, TEOR, CO2-EOR e MEOR.

Inferiu-se que a elevação em depósitos patentários ora observada decorre do emprego, cada vez mais intensivo, de tecnologias capazes de possibilitar o aumento da produtividade na recuperação de petróleo, tanto de campos produtores tecnicamente mais complexos quanto à recuperação de petróleo, quanto por uma maior demanda às tecnologias que sejam capazes de extender a vida útil das reservas petrolíferas já em plena produção.

As hipóteses acima repousam no fato, já comentado nos capítulos 3 e 4, de que as maiores reservas de petróleo no mundo se encontram, atualmente, localizadas em sítios geológicos não usuais e desafiadores do ponto de vista tecnológico, como, por exemplo, no Brasil, em que a grande maioria das acumulações recuperáveis está localizada em alto mar, a quilômetros de distância da terra firme e em altas profundidades, tanto da lâmina d'água como no subsolo. Também, no fato de que muitas das reservas consideradas maduras, já começam a ter sua produtividade reduzida por métodos secundários de recuperação de petróleo (YERGIN, 2018; IEA, 2018b). Portanto, a partir dessas observações, optou-se por realizar uma **data de corte** com limite inferior localizado no ano de 2005.

Por outro lado, **não** se optou por uma data de corte superior, anterior ao limite da série temporal finalizada na data de 24 de outubro de 2019, que é data em que a estratégia de busca foi finalizada e os dados recuperados da plataforma *Derwent Innovation®* (DI).

Os gráficos da Figura 13 e Figura 14 revelam a queda no número de depósitos patentários, notadamente a partir do ano de 2017. Esta ocorrência denota uma peculiaridade inerente do Sistema de Patentes: o **período de sigilo**.

O Sistema de Patentes preconiza um período de sigilo de 18 meses dos depósitos patentários, contados da data de prioridade, e de até 30 meses, caso o depósito tenha sido feito por via PCT, até a sua publicação. Ainda, há de se considerar os atrasos decorrentes dos trâmites burocráticos internos de cada escritório de depósito de patentes. Desta forma, os resultados mais atuais, numa busca, serão impactados pelo dito **efeito de borda**, e o acesso às informações sobre as patentes compreendidas nessa faixa de tempo estarão limitadas, e isso independe da plataforma de busca escolhida (BRASIL, 1996).

Por outro lado, a presente tese visa determinar os caminhos específicos das subáreas tecnológicas da recuperação terciária de petróleo (EOR), obtendo respostas como quem está desenvolvendo cada tecnologia, onde as mesmas estão sendo desenvolvidas e onde estas estão sendo depositadas. Neste caso, entende-se que relegar as informações dos depósitos mais recentes, mesmo que limitados, poderia impactar nas conclusões finais e, devido a isso, optou-se por considerar toda a série histórica de dados recuperados a partir do ano de **2005** até o limite superior da série temporal, em **24 de outubro de 2019**.

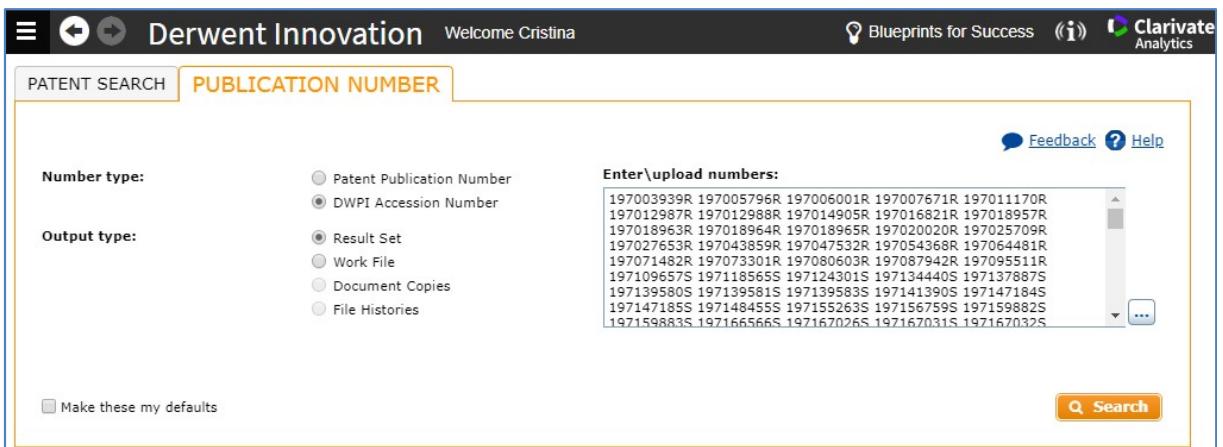
6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA BUSCA

Do levantamento do conjunto de dados úteis, objetivou-se, de início, verificar as incidências em depósitos patentários em diversas situações de importância. Considerou-se o primeiro depósito em função ao ano da prioridade, já que a análise da tecnologia em recuperação terciária de petróleo comporta importantes questões estratégicas, que definem os locais de preferência ao primeiro depósito.

Inicialmente, os dados categorizados na planilha em *Excel®* (**15.618** documentos de patentes) foram **tratados** na plataforma *Derwent Innovation®* (DI), por meio da inserção dos *DWPI Accession Number* de cada documento de patente. Como observado no Capítulo 5, este código é único para cada documento patentário e viabiliza a recuperação do mesmo na plataforma DI.

A Figura 15 revela o procedimento, em os ditos códigos foram carregados na aba *Publication Number* da plataforma, na caixa *Enter\upload numbers*, com a seleção do tipo de número (*Number Type*) como sendo o *DWPI Accession Number*.

Figura 15: Inserção dos *DWPI Accession Number* na plataforma DI.



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

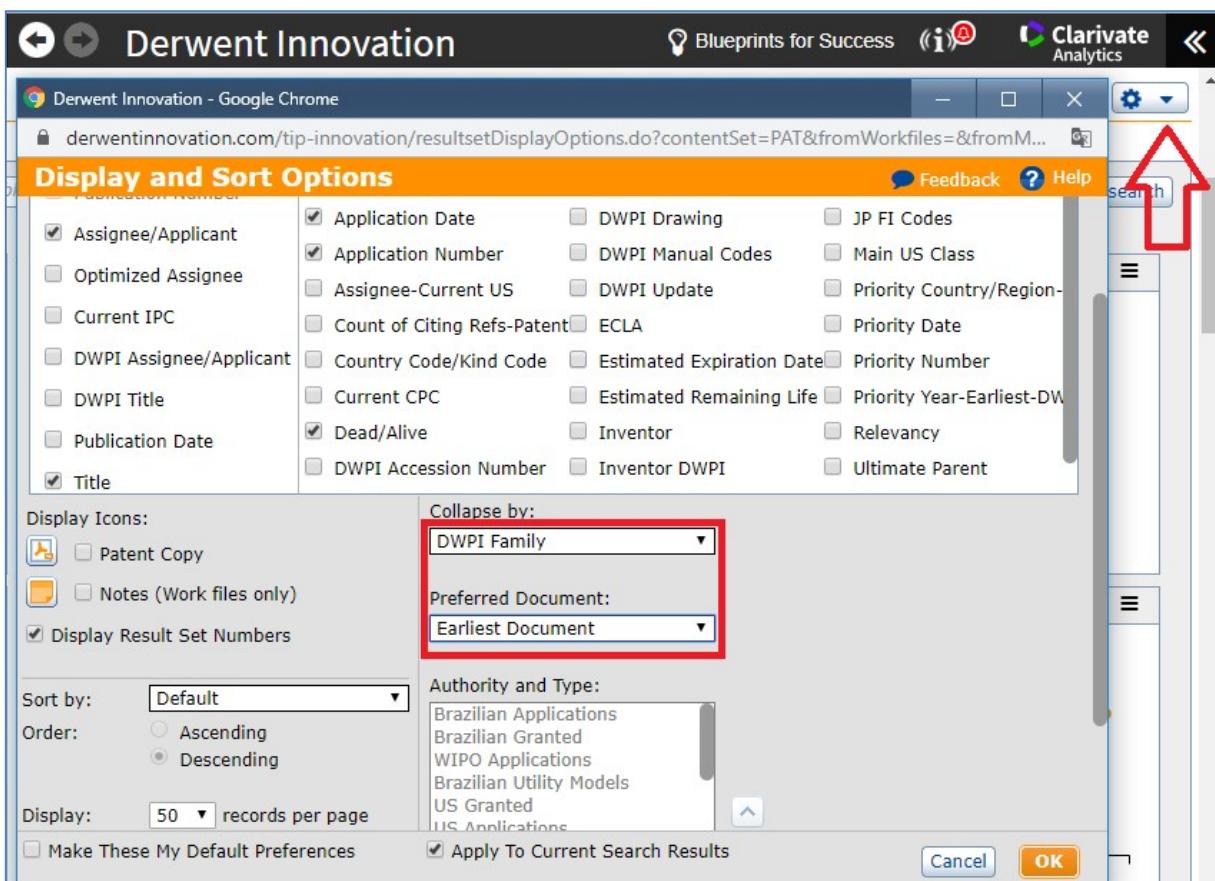
Denota-se que a importância na escolha do ano a que uma patente é atribuída irá influenciar decisivamente no resultado final. Cada documento de patente inclui várias datas, refletindo diferentes momentos de uma invenção, como o processo de patenteamento e a estratégia do requerente. Neste caso, optou-se por filtrar esses depósitos pelo documento de prioridade mais antiga, que pode ser considerada como a data mais próxima da data de invenção (OECD, 2009).

A solução se mostra acertada devido ao fato de que os diversos outros documentos de patentes depositados a partir da prioridade, em outros escritórios e países, serão originados

deste documento de prioridade. Os pedidos da mesma família, ainda, podem incorrer em diferenças importantes, que podem estar explicitadas no conteúdo, bem como no resultado de um exame técnico, que é sempre independente em cada país. Também estes documentos podem não apresentar todas as mesmas prioridades. Desta forma, a escolha do pedido inicial, original e mais antigo, define o primeiro pedido depositado, que descreve a tecnologia com conteúdo não modificado (OECD, 2009).

Na plataforma DI esta seleção é possível pela escolha, no botão configurações (engrenagem estilizada), em *Display and Sort Options*, escolhendo-se as opções: *DWPI Family*, na caixa de opções *Collapse by* e *Earliest Document*.

Figura 16: Procedimento exportação de dados por prioridade mais antiga na plataforma DI.



Fonte: Elaboração própria a partir das plataformas DI.

Após isso, os dados foram exportados para o *Excel®* e classificados em ordem crescente quanto ao ano de prioridade mais antiga. Os documentos foram delimitados pelo limite inferior do ano de 2005, com relação ao ano da prioridade mais antiga, retornando um conjunto de **3.273** documentos de patentes relacionados à EOR, unificados em suas famílias.

Definido o conjunto de dados à análise deste estudo, os documentos foram novamente carregados na plataforma *Derwent Innovation®* (DI), por meio dos *DWPI Accession Number* em que os **10.476** documentos (3273 famílias) puderam ser analisados na plataforma DI quanto aos principais depositantes, tanto com relação aos principais países, como em relação às principais empresas e instituições depositantes.

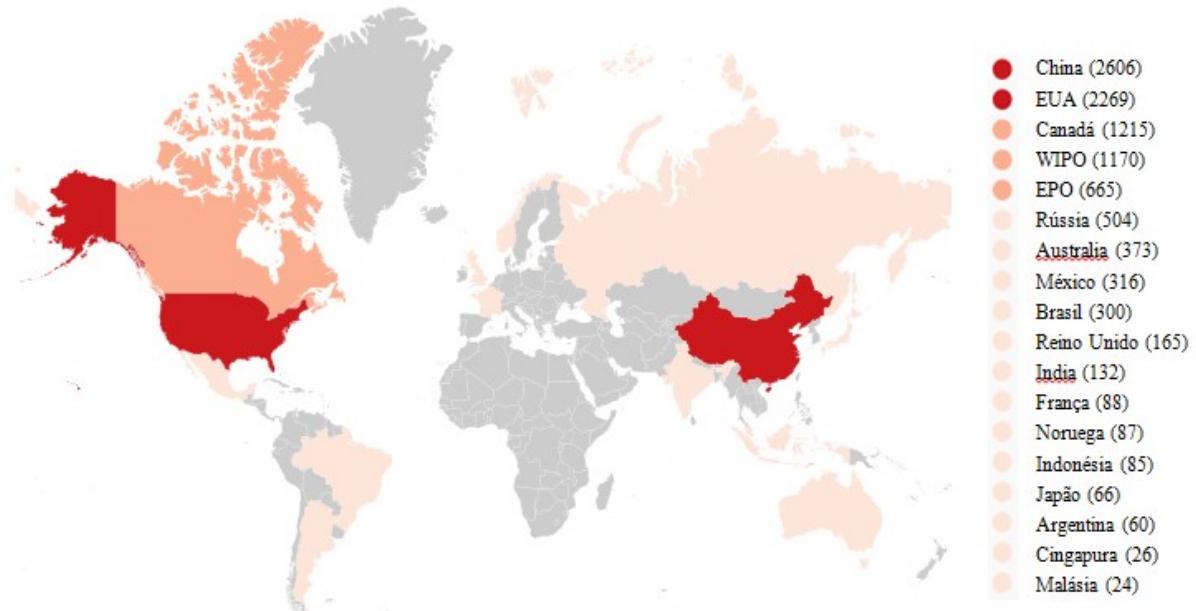
6.2.1 Principais países de depósito em EOR

Relativamente aos países, o gráfico que se segue revela os 20 maiores países de depósitos em EOR no período histórico considerado, isto é, a partir do ano de 2005 até 24 de outubro de 2019, e em relação à data de publicação do pedido (Figura 17).

A análise gráfica revelou que o país líder de depósitos de patentes em relação às tecnologias relacionadas à recuperação terciária de petróleo (EOR) é a China, com **2.606** patentes, seguido pelos Estados Unidos, com **2.269** depósitos patentários, e Canadá, com **1.215** depósitos (Figura 17). No gráfico ainda são verificados os outros 17 países de depósito em ordem numérica decrescente em patentes na tecnologia estudada. Este perfil em países de depósito é importante, pois revela os maiores mercados de interesse à proteção patentária, bem como o perfil onde a competição acontece, e onde há interesse de se evitar a cópia indevida das invenções proprietárias.

O resultado revela que **58%** do total das patentes em EOR estão concentrados na China, Estados Unidos e Canadá, evidenciando que estes são os países considerados os mercados de maior interesse estratégico das firmas e instituições.

Figura 17: Principais 20 países de depósitos de patentes em EOR, a partir do ano de 2005.



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

A importância histórica e a liderança dos Estados Unidos (EUA) no setor foram detalhadas no Capítulo 3, e os resultados refletem a atuação ativa das grandes empresas de energia estadunidenses, bem como suas instituições, no mercado de petróleo em todo o mundo. Ainda, há de se considerar o crescimento constante dos EUA em depósitos de patentes reflete o crescimento de sua produção interna, notadamente de óleo de xisto, o *Shale Oil*, que tem grande demanda tecnológica ligada à EOR.

Por outro lado, em 2018, a China tornou-se o quinto maior produtor de petróleo do mundo, com seu mercado interno sendo dominado pelas suas três companhias petrolíferas nacionais: China Petroleum & Chemical (Sinopec), China National Petroleum (CNPC) e China National Offshore Oil Corporation (CNOOC). No entanto, a dependência das importações começou a subir em 2014, após o colapso dos preços globais do petróleo e, em

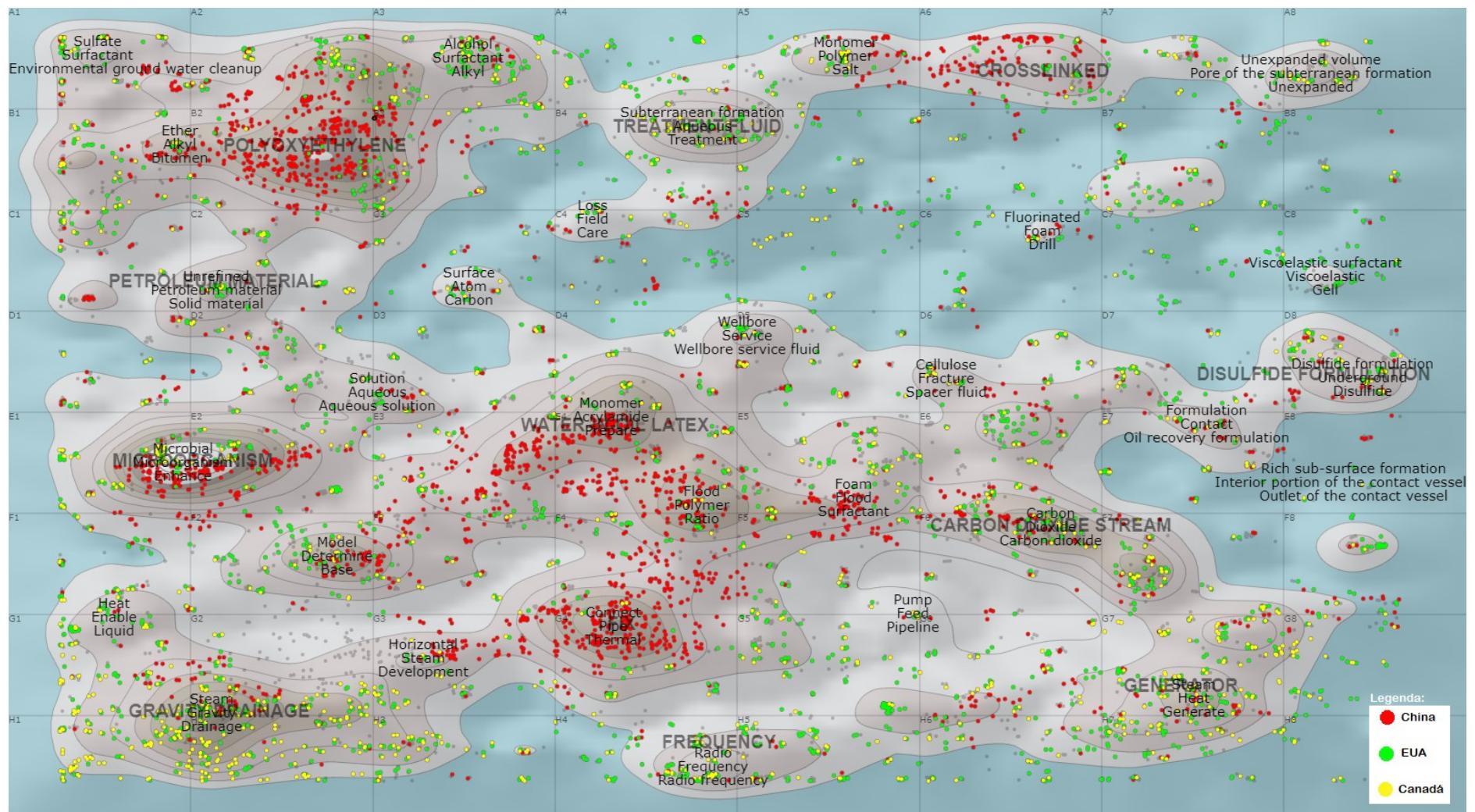
2015, quando o petróleo importado atingiu 65%. O governo Chinês passou, então, a investirativamente na alta produção de seus campos de petróleo, com o objetivo de limitar sua dependência à importação, estabelecendo uma meta para abaixo de 61% do consumo total do país (MEIDAN, 2016). Essa política, corroborada com a política de incentivo à proteção da propriedade industrial, notadamente em patentes, acabou também se revelando nos números (PRUD'HOMME, 2012) e, muito mais ainda, na superação dos EUA no número total de depósitos em EOR.

Ainda, do conjunto de dados organizados no gráfico, verifica-se que o Brasil é um mercado de grande interesse à busca de proteção por meio de patentes de tecnologias ligadas à EOR. O país apresenta **300** depósitos de patentes para o período considerado ao estudo, estando na nona posição mundial em termos de depósitos. Este número reflete o interesse dos principais atores mundiais no mercado de petróleo do país, que já se configura entre os maiores produtores mundiais e tem no pré-sal uma locação que demanda cada vez mais soluções tecnológicas à recuperação de hidrocarbonetos.

Com relação à **especificidade dos depósitos** nos principais países, com o objetivo de tentar parametrizar as áreas de maior concentração dos mesmos, considerando o universo geral de todas as subáreas de recuperação terciária de petróleo, empregou-se a ferramenta interativa *Theme Scape* da plataforma DI, que compilou todos os **10.476** documentos de patente e os organizou por diversos parâmetros.

A Figura 18 revela as áreas de concentração de atuação mais importante dos três principais países de destino aos depósitos de patentes: China (CN), em cor vermelha, Estados Unidos (EUA), em cor verde, e Canadá (CA), em cor amarela.

Figura 18: Áreas de concentração de depósitos de patentes em EOR para China, EUA e Canadá.



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

Pelo gráfico da Figura 18, na China os depósitos patentários ligados à EOR estão, claramente, concentrados em tecnologias que envolvem: produtos químicos, notadamente surfactantes e polímeros (CEOR), o emprego de microrganismos (MEOR), e, também, métodos térmicos (TEOR). Por outro lado, verifica-se que a participação chinesa em tecnologias que promovem a recuperação de petróleo através da dissolução por solvente, quando este é dióxido de carbono, é marginal.

Relativamente aos Estados Unidos da América (EUA), verifica-se uma pulverização dos dados de depósitos patentários por toda a figura, cobrindo praticamente todos os quadrantes gráficos. Numa análise mais apurada, verifica-se que há depósitos de patentes localizados em todas as subáreas tecnológicas da EOR. Entende-se que tal constatação é consequência da grande atuação das empresas estadunidenses, quase todas multinacionais, nos diversos mercados mundiais de petróleo, em que participam ativamente na exploração e produção, através de empresas de energia, fornecedoras de insumos ou de serviços especializados. Ainda, infere-se que o número elevado e pulverizado em muitas tecnologias em patentes também é devido ao fato da grande distinção dos campos geológicos à recuperação de hidrocarbonetos ao redor do mundo, cada qual com sua particularidade e dificuldade, o que preconiza uma proteção em patentes nos muitos mercados em que essas empresas multinacionais são atuantes.

Com relação ao Canadá, verificou-se que os documentos referem-se mais às tecnologias de recuperação por meio térmico, por vapor aquecido. Infere-se que a concentração em depósitos patentários nessas áreas está ligada às enormes reservas canadenses, que, em sua maioria, são compostas de areias betuminosas. A remoção de petróleo desse tipo de formação é eminentemente por meio de métodos térmicos, mais ainda por EOR (BP, 2019).

Com relação ao Brasil (não mostrado na figura acima), verifica-se que as tecnologias depositadas em patentes no país cobrem todo o espectro de tecnologias de EOR nas suas subáreas específicas A despeito de estarem representadas em quantidade bem menor do que os países líderes, a pulverização de depósitos em todas as subáreas tecnológicas em EOR indica a importância do mercado brasileiro, mas, mais ainda, a diversidade de tecnologias demandadas à recuperação de petróleo.

6.2.2 Principais instituições e/ou empresas depositantes em EOR

Posteriormente, na plataforma DI, foi realizada a filtragem de documentos com relação à opção *Ultimate Parent*, a qual revela quais organizações possuem patentes com base de dados da hierarquia corporativa (CLARIVATE ANALYTCS, 2019c). A escolha objetivou responder a importantes questões sobre os depósitos de patentes em EOR, como:

- Quem é o verdadeiro detentor da inovação?;
- Quais organizações são ativas na área tecnológica considerada?; e,
- Quais as companhias, e não as subsidiárias, que detém o real controle e propriedade sobre a tecnologia?

Ainda, optou-se por considerar os **50 maiores depositantes**, discriminados em suas respectivas empresas e instituições, identificando-os quanto aos seus países sede e pelas designações oficiais de cada país. A Figura 19 elenca todo o rol de empresas analisado.

Buscou-se identificar quem são os principais depositantes de tecnologias ligadas à EOR nos países já identificados, na plataforma DI, pela prioridade mais antiga, no período considerado, de 2005 até 24 de outubro de 2019. A análise se deu sobre um total de **3.273** documentos unificados em suas famílias de patentes ligados à EOR.

Denota-se que o número de depósitos por meio de empresas indica a força de cada país sobre os diversos mercados. É evidente que instituições e empresas de outros países, de grande atuação no mercado mundial, irão buscar proteger seus inventos nos mercados de maior competição e interesse.

Verifica-se que as empresas e instituições chinesas, no universo dos 50 maiores depositantes, detém o monopólio sobre **45,3%** das patentes, seguido pelos EUA, em que suas principais empresas respondem por **19,6%** do total de patentes considerado, e, em terceiro, as empresas canadenses, que são responsáveis por **15,5%** das patentes depositadas no período. Portanto, em termos numéricos totais, esses 3 países representam **80,4%** das patentes em EOR de 2005 em diante (Tabela 9).

Tabela 9: Participação por país sede da empresa/instituição.

País	Depósitos de Patentes	%
China (CN)	1484	45,34
Estados Unidos (EUA)	640	19,55
Canadá (CA)	508	15,52
OMPI (WO)	285	8,71
Rússia (RU)	230	7,03
Escritório Europeu de Patentes (EPO)	33	1,01
França (FR)	17	0,52
Reino Unido (GB)	16	0,49
Brasil (BR)	8	0,24
Noruega (NO)	8	0,24
México (MX)	8	0,24
Japão (JP)	6	0,18
Alemanha (DE)	5	0,15
Índia (IN)	5	0,15
TOTAL 50 Maiores depositantes	3.253	100

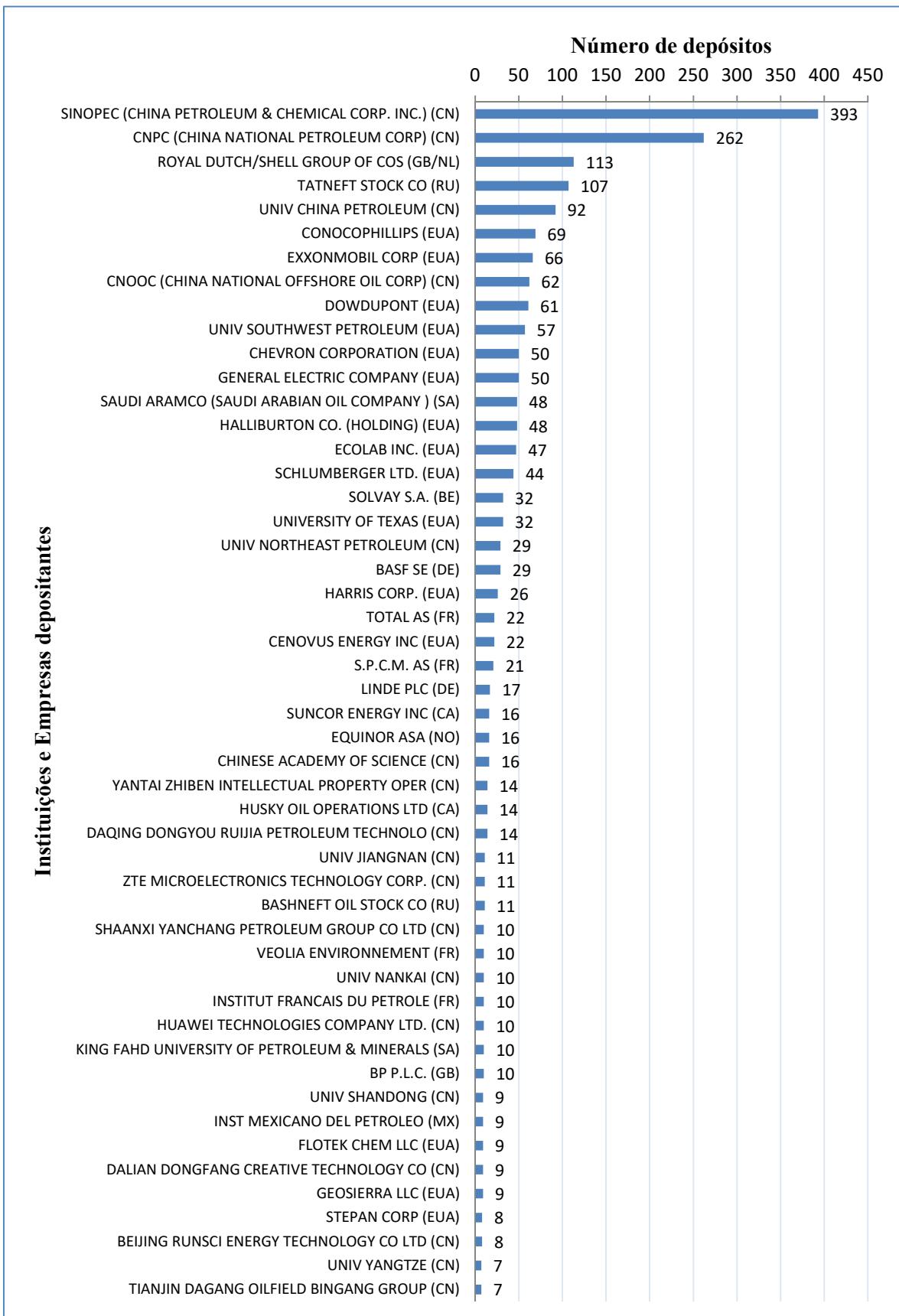
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Conforme ilustrado na Figura 19 a empresa que mais possui patentes em EOR é a chinesa Sinopec, com **393** depósitos organizados em suas famílias de patentes. Com sede em Pequim, a *China Petroleum & Chemical Corporation* é o maior conglomerado mundial dedicado ao refino e petroquímica, atuando ativamente na exploração e produção de petróleo e gás. A receita anual da Sinopec para 2018 foi de US\$ 326,953 bilhões (SINOPEC, 2019). Em análise, verificam-se que os principais depósitos de patentes da companhia estão relacionados a polímeros, surfactantes e microrganismos, empregados na recuperação terciária de petróleo (EOR), como, por exemplo, a patente CN102277146B, que diz respeito a uma composição polimérica para potencializar a EOR, ou o depósito CN102533602A, que diz respeito ao uso de bactérias pseudomônas para produzir surfactantes biológicos capazes de favorecer a EOR.

Em segundo lugar figura a chinesa CNPC (China National Petroleum Corp), com **262** depósitos organizados em suas famílias de patentes. A empresa apresentou um faturamento em 2018 de US\$ 393,1 bilhões. Por ser uma empresa de capital público e privado, é a empresa chinesa do setor mais dinâmica em atuação no mundo, sendo a terceira maior companhia da China (CNPC, 2019).

Em terceiro lugar encontra-se a Royal Dutch/Shell Group, com **113** depósitos. Com sede em Haia, na Holanda, a empresa anglo-holandesa é a terceira maior petrolífera do mundo e é líder na indústria petroquímica e de energia solar, atuando primordialmente na exploração, produção e refino de petróleo e gás natural. A receita anual da Royal Dutch Shell para 2018 foi de US\$ 396,556 bilhões (ROYAL DUTCH SHELL, 2019). A companhia também concentra seus esforços em patentes relativas a polímeros e surfactantes. O depósito US20160032171A, como exemplo, diz respeito a uma composição de hidrocarbonetos sulfatados de ação química no óleo da formação à recuperação de petróleo por EOR.

Figura 19: Principais 50 depositantes de patentes em EOR, a partir do ano de 2005.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Por fim, destacam-se do rol da Figura 19 os depósitos realizados por empresas e instituições eminentemente brasileiras, que pleitearam proteção a tecnologias ligadas à EOR. Apresentam-se: a Petrobras S.A., com 3 depósitos, a Universidade Federal da Bahia, com 2 depósitos, a Universidade Federal da Paraíba, com 1 e a empresa Engepet empresa de engenharia de petróleo, com somente 1 depósito unificado em suas famílias.

Das patentes depositadas ligadas à EOR, verifica-se que os depósitos de patente ativos são somente: o BR10212028967A2 (Universidade Federal da Bahia), que está aguardando exame nacional e é depositado somente no Brasil, e pleiteia proteção a um processo de “recuperação microbiana avançada ou produção de petróleo, com uso simultâneo de exopolissacarídeos e raminolipídeos produzidos a partir de água produzida, glicerina bruta e sacarose e ou resíduos da agroindústria”; o depósito BRPI1100538A (Universidade Federal da Bahia), que está aguardando exame nacional e é depositado somente no Brasil, e pleiteia proteção a um processo de “recuperação avançada de petróleo com uso simultâneo de goma xantana e ramnolipídeo”; o depósito BRPI0802390A2 (Petrobras S. A.), que diz respeito a uma “composição de microemulsão e método para recuperação avançada de petróleo pesado”, que está em fase de exigências finais à aprovação no Brasil, mas já tendo sido concedida nos EUA e Canadá; e, por fim, o depósito BR102017021443A2 (Universidade Federal da Paraíba), ainda não examinado pelo INPI, e que se refere uma composição de “glicerina e óleo de coco saponificado como fluido deslocante para aumento da recuperação de petróleo”.

6.2.3 Análise das subáreas tecnológicas da EOR

Como já verificado no presente trabalho, nenhum processo de EOR existente é aplicável a todos os tipos de reservatórios, especialmente como um método geral de recuperação de petróleo. Os processos EOR, muitas vezes, são desenvolvidos especificamente para cada reservatório em particular, que compreende características próprias. Ainda, a seleção de cada tipo de processo EOR para cada reservatório é complexo, pois envolve critérios que devem ser preenchidos por um cabedal de análises, como petrofísicas, químicas, geológicas, ambientais, englobando inclusive as propriedades do fluido a ser recuperado (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

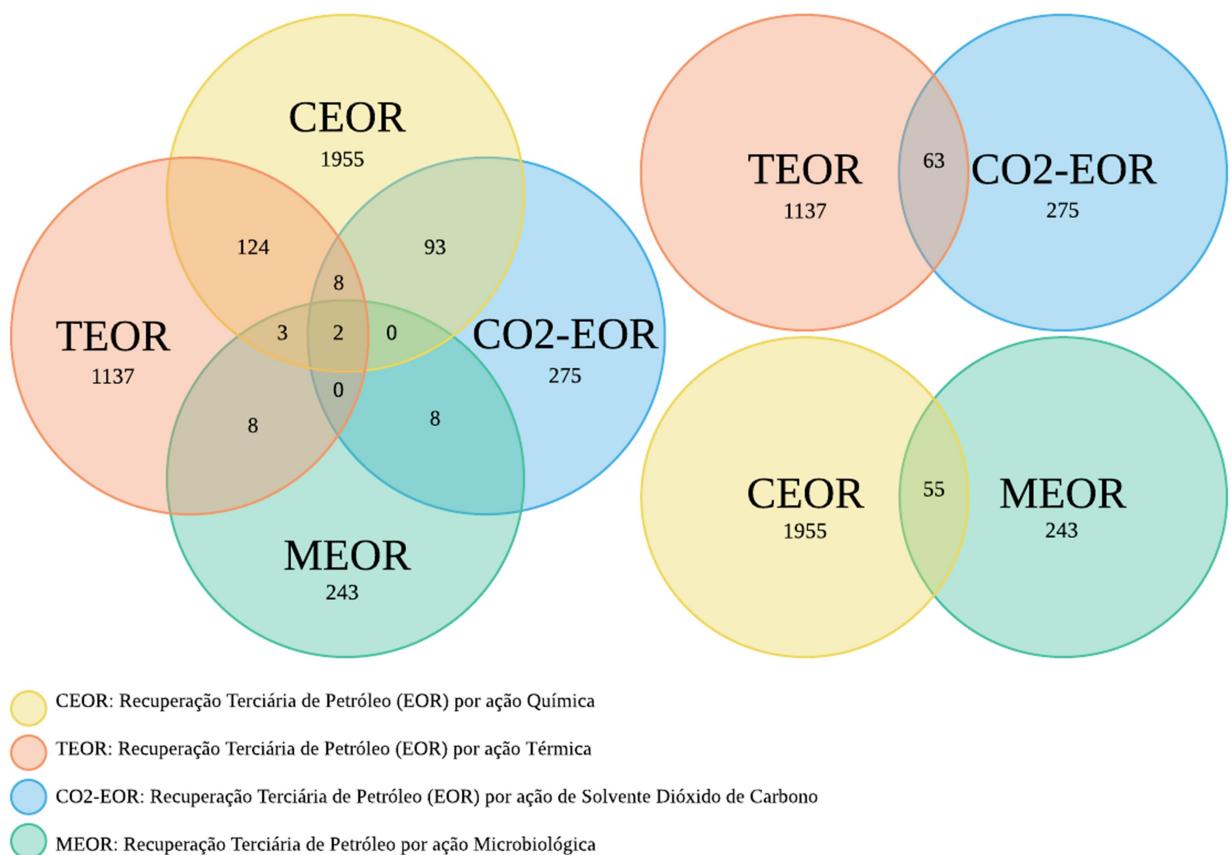
Como já observado neste estudo, no Capítulo 4, a recuperação terciária de petróleo tem por objetivo recuperar pelo menos uma parte do óleo residual em um reservatório que já tenha sido exaurido pelos métodos primários e secundários. Esta etapa adicional não é trivial, e não comporta somente uma técnica possível, mesmo dentro das subáreas tecnológicas ora definidas para a EOR, e não é limitada a somente uma dentro de tais subáreas. Assim, a aplicação de diversas técnicas de EOR, em uma mesma subárea e/ou entre várias subáreas é totalmente aceitável. Deve-se ter em mente que, para alcançar a máxima produtividade de um dado reservatório, várias combinações tecnológicas são plausíveis.

Do resultado obtido para os documentos organizados em suas famílias de patentes e tendo a prioridade mais antiga como paradigma à seleção histórica dos documentos, ou seja, do conjunto de 3.273 documentos de patentes relacionados à EOR, unificados em suas famílias, foi possível discriminá-los em função às subáreas tecnológicas em EOR, inclusive verificando as interações entre as tecnologias. Isso foi possível através da elaboração

de um diagrama de Venn⁴¹, que explicitou a interação tecnológica, em números, entre as diversos subáreas da EOR, isto é, CEOR, TEOR, CO2-EOR e MEOR (Figura 20).

Neste caso em particular, a análise se deu sobre o total de documentos organizados em suas famílias de patentes, em que: **1.955** são relativos à recuperação terciária de petróleo por ação química (CEOR), **1.137** são relativos à recuperação terciária de petróleo por ação térmica (TEOR), **275** são relativos à recuperação terciária de petróleo por ação de solvente dióxido de carbono (CO2-EOR), e **243** são relativos à recuperação terciária de petróleo por ação microbiológica (MEOR).

Figura 20: Diagrama de Venn para os depósitos de patentes.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

⁴¹ Diagrama de Venn é um sistema de organização de conjuntos numéricos, onde os elementos são agrupados em figuras geométricas, facilitando a visualização da divisão feita entre os diferentes grupos. O diagrama de Venn costuma ser usado como método para organizar informações e dados recolhidos em pesquisas quantitativas (DUIGNAN, 2014)

Do dito diagrama, verifica-se que as tecnologias EOR, em suas subáreas tecnológicas, não são excludentes entre si, a despeito de estarem bem compartmentadas e, em muitas das vezes, apresentarem aplicação específica em poços de produção ou exploração de petróleo. Portanto, foi constatado que uma única patente pode compreender o emprego de várias tecnologias ao mesmo tempo.

Devido à grande dispersão de dados e pelo conjunto elevado em EOR, optou-se por alocar o gráfico semelhante à Figura 18 no Apêndice G, que explicita, em termos absolutos, todas as áreas predominantes de concentração tecnológica em EOR, notadamente no que se refere aos três principais países de destino à proteção pantentária, isto é, China (CN), Estados Unidos (EUA) e .

6.2.3.1 Recuperação terciária de petróleo por ação química (CEOR)

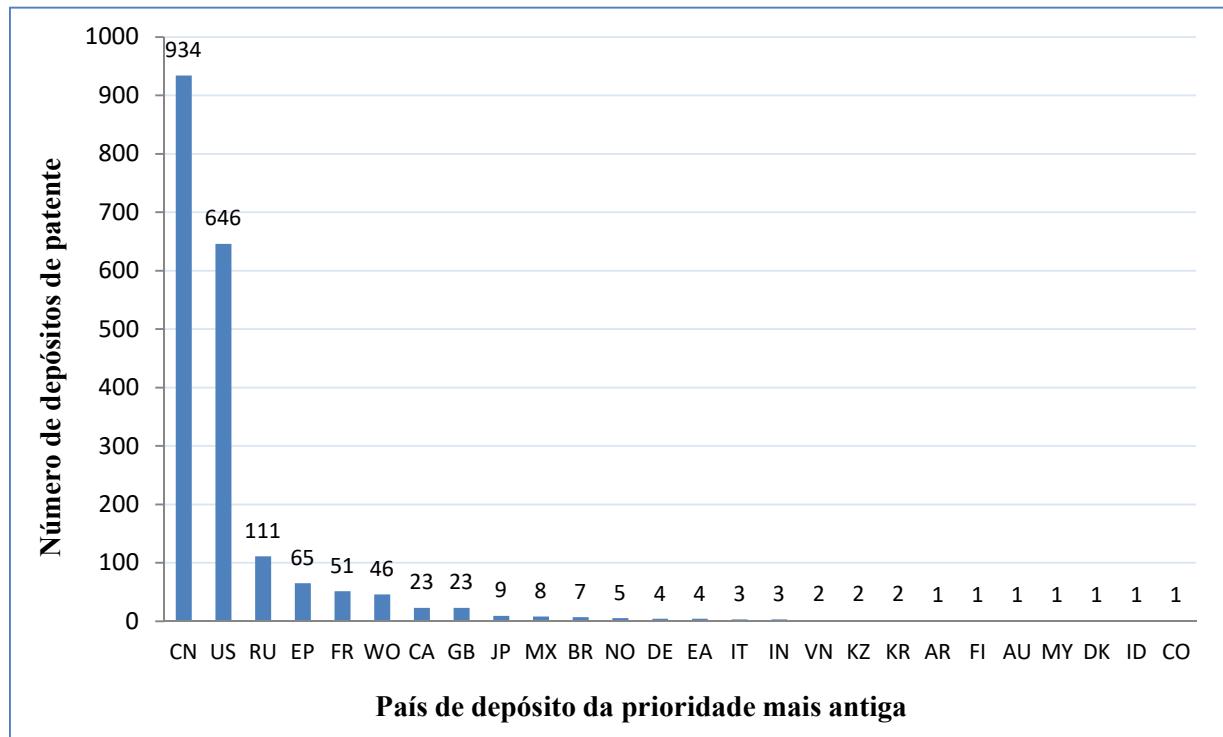
Os processos de EOR química (CEOR) compreendem a injeção de compostos surfactantes, polímeros e cáusticos, em que o mecanismo de deslocamento do óleo pelo produto químico é baseado na formação de uma tensão superficial muito baixa, que favorece o deslocamento do óleo dos poros da formação para o poço (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

Buscou-se identificar onde as tecnologias de CEOR estão sendo desenvolvidas e quem as está desenvolvendo. Para tanto, utilizou-se da plataforma DI à separação dos dados quanto a prioridade mais antiga na subárea CEOR, no período considerado, de 2005 até 2019. A análise se deu sobre um total de **6.718** documentos de patentes ligados à CEOR, organizados em **1.955** documentos unificados em suas famílias (Figura 21).

Denota-se da Figura 21 que a China (CN) é o país onde a maior parte das tecnologias ligadas à CEOR é desenvolvida, apresentando 934 patentes unificadas em suas famílias. Em

seguida, vislumbram-se os Estados Unidos (US), com 646 documentos e, em posição distante, em terceiro lugar, a Rússia (RU), com 111 depósitos de patentes unificados em suas famílias. Ainda, destaca-se o Brasil, com apenas 7 depósitos unificados em suas famílias.

Figura 21: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga



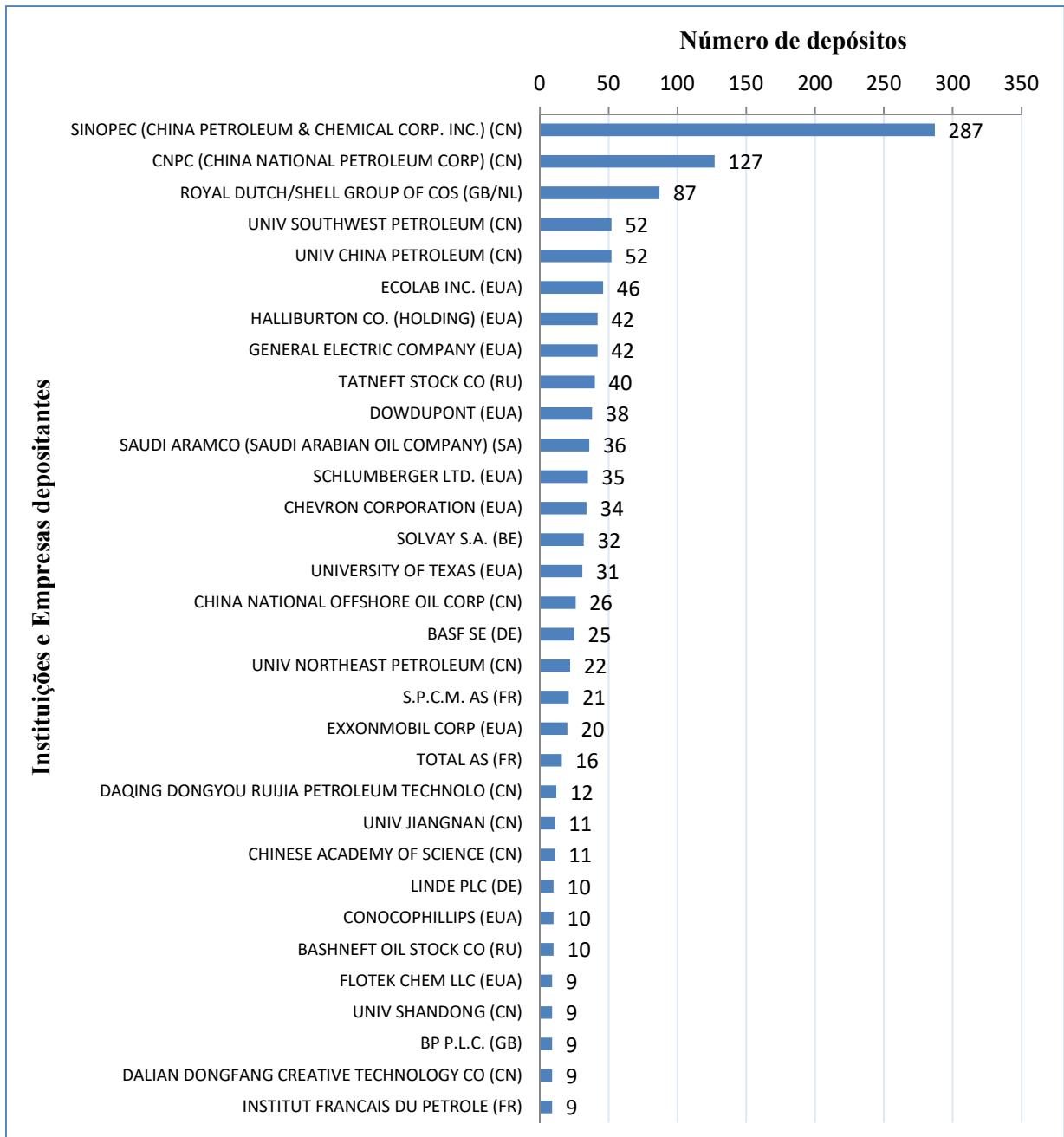
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Da Figura 22 vislumbram-se as principais empresas ou instituições depositantes de patentes em recuperação terciária de petróleo por ação química (CEOR). Destas, destacam-se as duas primeiras da classificação decrescente, as chinesas Sinopec e CNPC, com respectivamente 287 e 127 depósitos de patentes organizados em famílias.

Em seguida, destacam-se os depósitos da empresa anglo-holandesa Shell, que detém 87 depósitos patentários unificados em famílias de patentes. Cabe ressaltar a contribuição destacada das universidades chinesas Southwest Petroleum University e China Petroleum University, cada uma com 52 depósitos com prioridade chinesa.

O Brasil apresenta um total de 7 depósitos de nacionais, organizados em suas famílias, sendo que 2 pertencentes à Petrobras S. A., com os outros 2 pertencentes à Universidade da Bahia, 1 ao Senai, 1 à Universidade da Paraíba e outro à um depositante individual.

Figura 22: Principais 32 depositantes de patentes em CEOR, a partir do ano de 2005.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Por fim, denota-se que devido à grande dispersão dos dados e pelo conjunto reduzido em CEOR, optou-se por alocar o gráfico semelhante à Figura 18 no Apêndice C, que explicita as áreas de concentração tecnológicas dos três principais depositantes, China (CN), Estados Unidos (EUA) e Rússia, somados ao Brasil (BR).

6.2.3.2 Recuperação terciária de petróleo por ação térmica (TEOR)

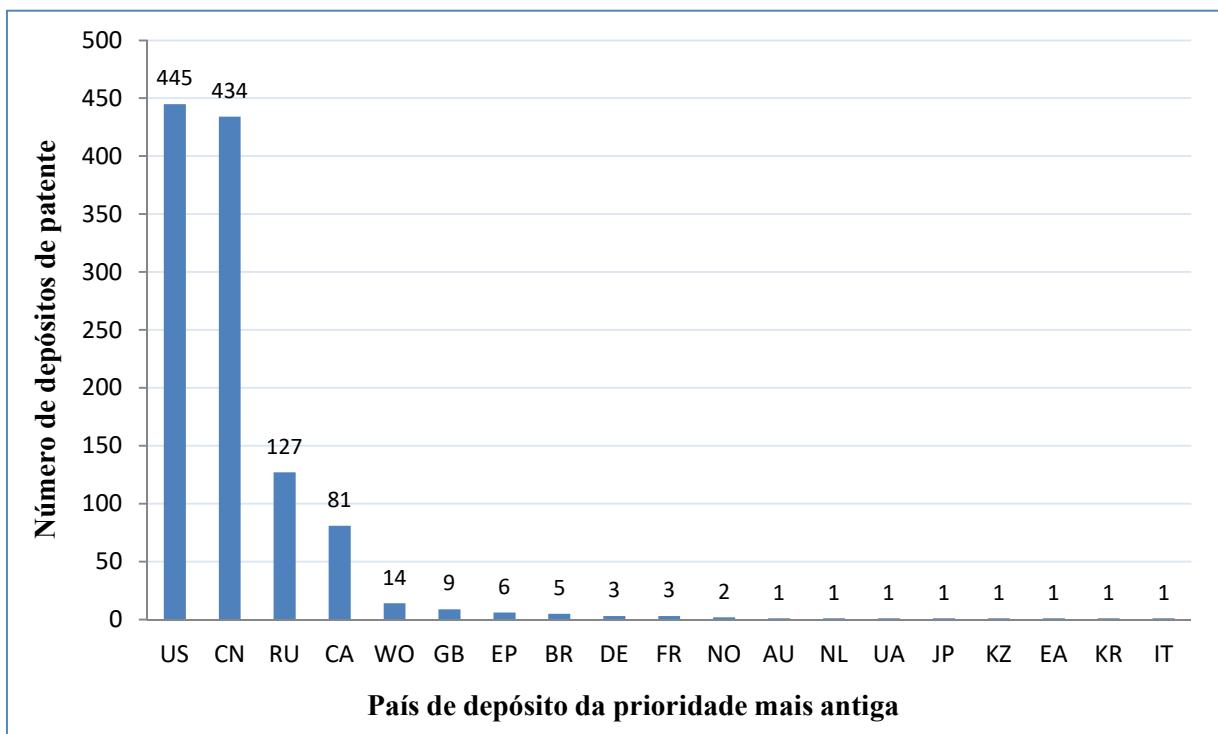
Os processos de EOR térmica (TEOR) atuam por mecanismo de redução da viscosidade intrínseca do petróleo, elevando a mobilidade dos hidrocarbonetos. Os processos TEOR dependem basicamente da maneira como o calor é disponibilizado ao reservatório, podendo a estimulação do fluxo do óleo residual ser por meio de vapor a altas temperaturas, combustão *in situ* ou por combustão úmida. Na injeção de vapor, este é injetado no reservatório por meio contínuo ou em ciclos, na combustão *in situ* o petróleo é incinerado próximo ao poço por meio de agentes químicos, aquecedores elétricos subterrâneos, ou queimadores específicos, e, na combustão úmida, o processo se utiliza do princípio de disponibilizar uma grande quantidade de calor ao reservatório exaurido, que pode ser feito por meio de água aquecida, que vai gerar vapor superaquecido internamente na formação (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

Buscou-se identificar onde as tecnologias de TEOR estão sendo desenvolvidas e quem as está desenvolvendo. Para tanto, utilizou-se da plataforma DI à separação dos dados quanto a prioridade mais antiga na subárea TEOR, no período considerado, de 2005 até 2019.. A análise se deu sobre um total de **3.337** documentos de patentes ligados à TEOR, organizados em **1.137** documentos unificados em suas famílias (Figura 21).

Denota-se da Figura 23 que os Estados Unidos (US) é o país onde a maior parte das tecnologias ligadas à TEOR é desenvolvida, apresentando 445 patentes unificadas em suas

famílias. Em seguida, vislumbra-se a China (CN), com números bem próximos, 434 documentos e, em posição distante, em terceiro lugar, a Rússia (RU), com 127 depósitos de patentes unificados em suas famílias. O Brasil apresenta 5 depósitos de nacionais, unificados em suas famílias.

Figura 23: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga

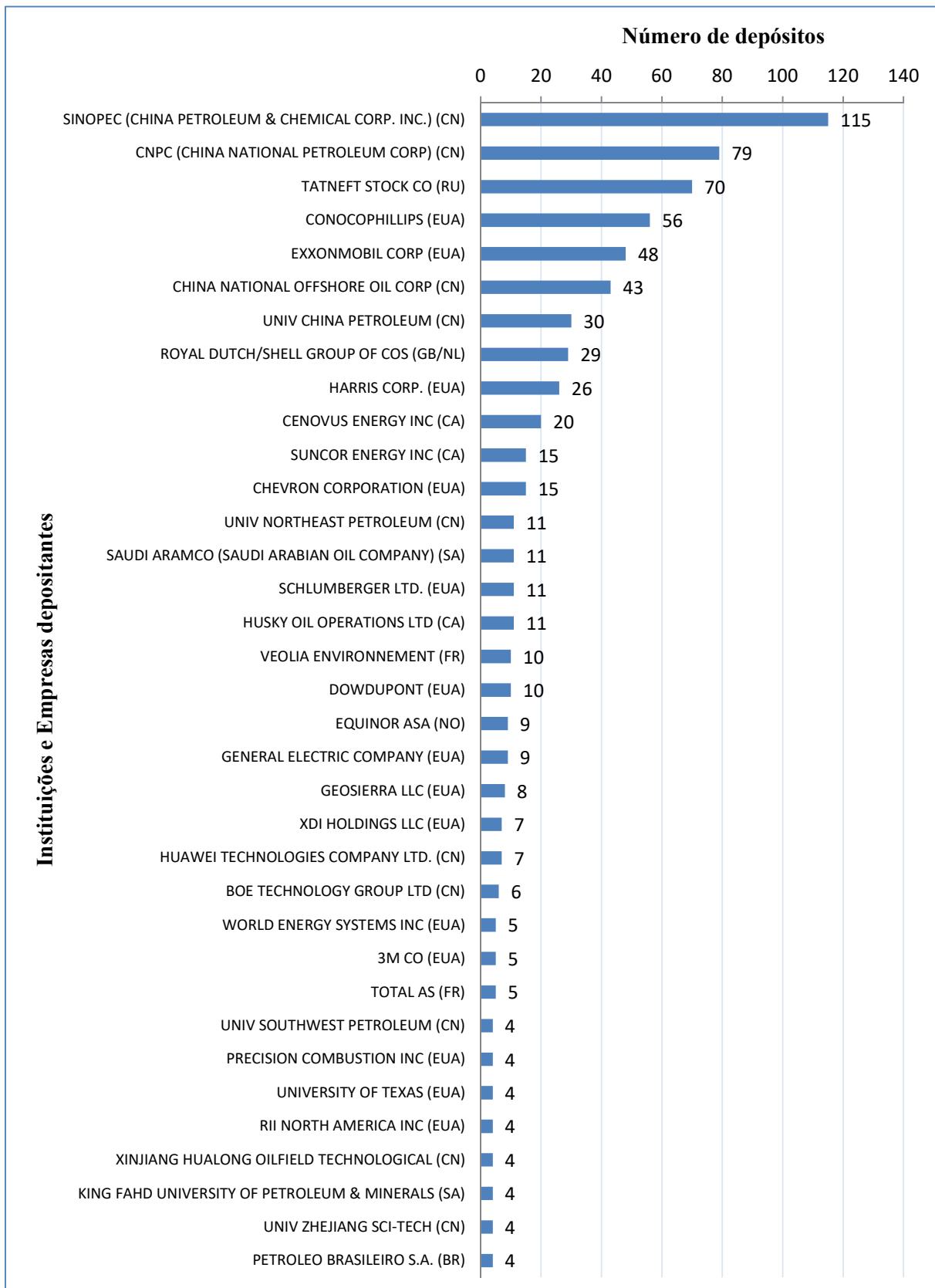


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Da Figura 24 vislumbram-se as principais empresas ou instituições depositantes de patentes em recuperação terciária de petróleo por ação térmica (TEOR). Destas, destacam-se as duas primeiras da classificação decrescente, as chinesas Sinopec e CNPC, com respectivamente 115 e 79 depósitos de patentes organizados em famílias.

Em seguida, destacam-se os depósitos das empresas Tatneft, Russa, e duas das grandes irmãs estadunidenses de energia, a Conoco Phillips e a Exxon Mobil, dos EUA, respectivamente representadas por 70, 56 e 48 depósitos, unificados em famílias de patentes.

Figura 24: Principais 35 depositantes de patentes em TEOR, a partir do ano de 2005



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Cabe ressaltar a contribuição destacada das empresas canadenses no rol de maiores depositantes, como a Cenovus Energy (20 depósitos), Suncor Energy (15 depósitos) e Husky Oil (11 depósitos), que é um indicativo do grande emprego de tecnologias de TEOR, notadamente devido às reservas de areias betuminosas. Já o Brasil apresenta um total de 4 depósitos de patentes, unificados em famílias, pertencentes à Petrobras S. A.

Por fim, denota-se que devido à grande dispersão dos dados e pelo conjunto reduzido em TEOR, optou-se por alocar o gráfico semelhante à Figura 18 no Apêndice D, que explicita as áreas de concentração tecnológicas dos três principais depositantes, China (CN), Estados Unidos (EUA) e Rússia, somados ao Brasil (BR).

6.2.3.3 Recuperação terciária de petróleo por ação de solvente dióxido de carbono (CO₂-EOR)

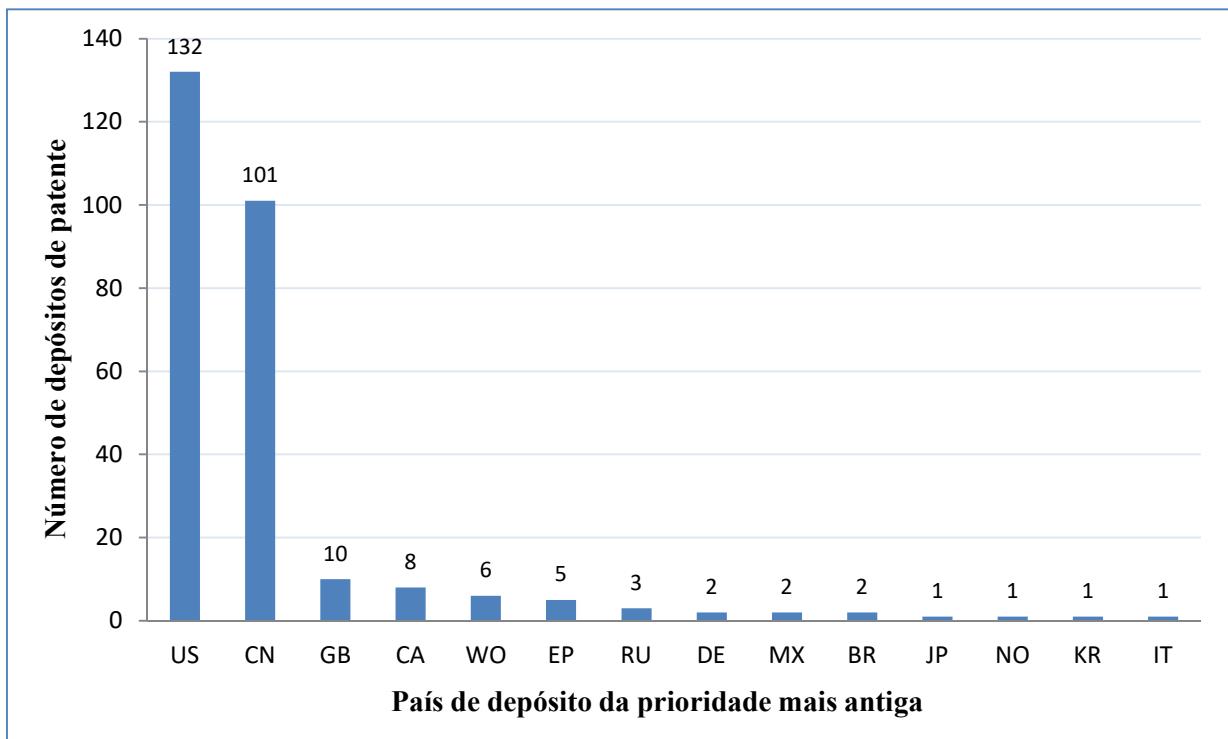
Os processos de EOR por ação de solvente dióxido de carbono (CO₂-EOR) atuam pelo princípio da fluidificação de um solvente no meio do óleo residual no reservatório, a fim de promover a sua mobilidade e consequente recuperação. Os processos de EOR por solvente envolvem a injeção do dito solvente, como álcoois, hidrocarbonetos refinados, gases hidrocarbonetos condensados, gases liquefeitos de petróleo e dióxido de carbono, no reservatório, bem como a injeção de misturas de solventes que são solúveis na água e no óleo, ou mesmo de gás inerte (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

O fato da limitação do solvente ao dióxido de carbono (CO₂-EOR) nesta subárea repousa no fato do número pouco representativo, pulverizado e decrescente das outras técnicas, assim como no fato de que o processo por injeção de solvente dióxido de carbono tem estado cada vez mais em evidência na indústria de petróleo, como um dos processos mais

promissores, tanto para o aumento da produtividade dos campos petrolíferos, como para a eliminação da atmosfera, pela injeção nos reservatórios, deste gás de efeito estufa.

Denota-se da Figura 25 que os Estados Unidos (US) é o país onde a maior parte das tecnologias ligadas à CO₂-EOR é desenvolvida, apresentando 132 patentes unificadas em suas famílias. Em seguida, vislumbra-se a China (CN), com 101 documentos e, em posição distante, em terceiro lugar, o Reino Unido (GB), com 10 depósitos de patentes unificados em suas famílias. Ainda, destaca-se o Brasil, com apenas 2 depósitos unificados em suas famílias.

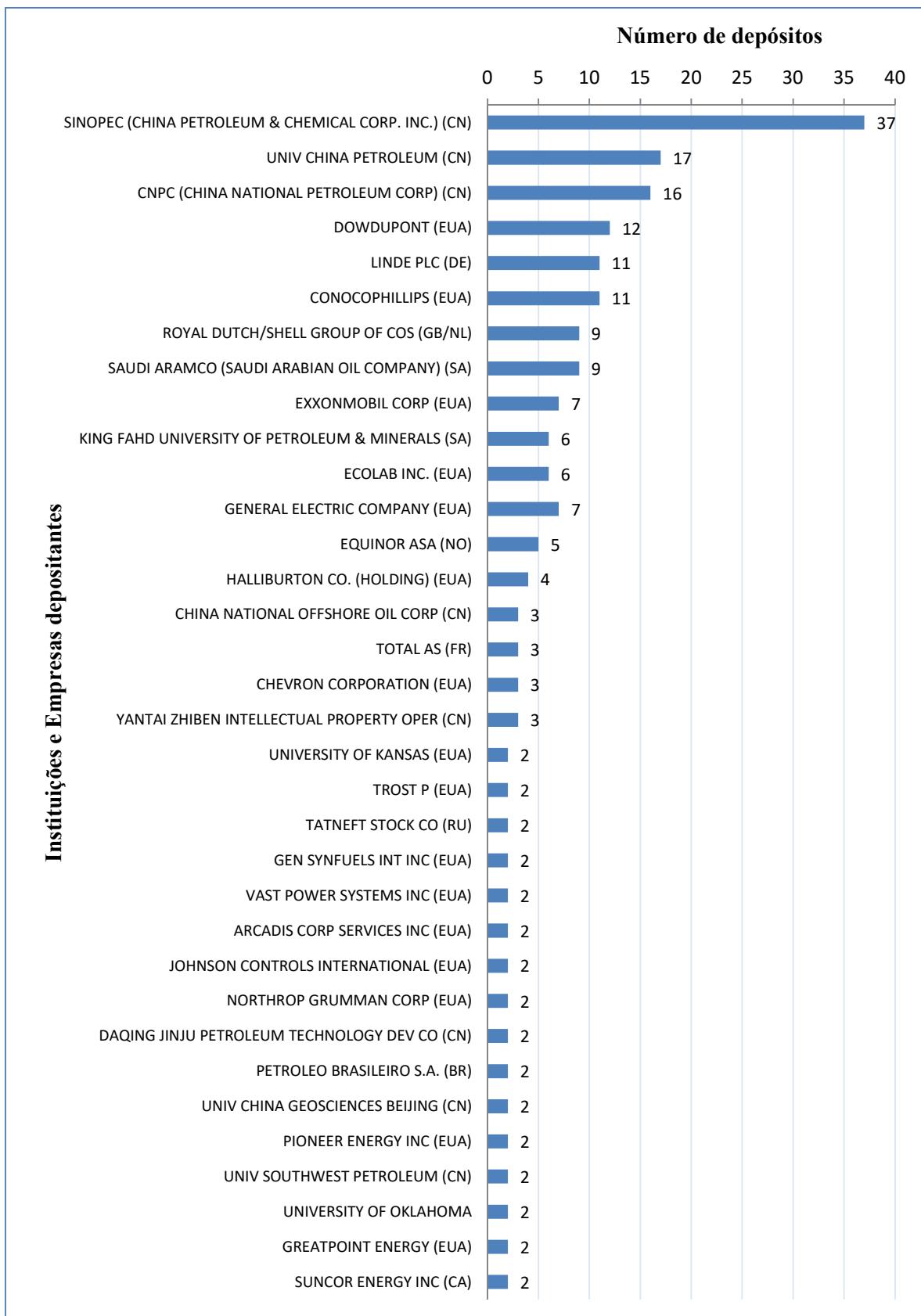
Figura 25: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Da Figura 26 vislumbram-se as principais empresas e instituições depositantes de patentes em recuperação terciária de petróleo por ação de solvente dióxido de carbono (CO₂-EOR).

Figura 26: Principais 34 depositantes de patentes em CO2-EOR, a partir do ano de 2005.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Destas, destacam-se da classificação decrescente, as chinesas Sinopec e CNPC, com respectivamente 37 e 16 depósitos de patentes, e a instituição China Petroleum University, referência na subárea tecnológica com 17 patentes, todas elas unificadas em suas respectivas famílias de patentes.

Em seguida, destacam-se os depósitos das empresas Dupont, dos EUA, a Linde, Alemã, e a Conoco Phillips, dos EUA, respectivamente com 12, 11 e 11 depósitos patentários, unificados em famílias de patentes.

Desta subárea, destaca-se o interesse maior à proteção no mercado dos EUA e China e o grande número de empresas desses países que priorizam os investimentos nesta área. Vislumbra-se também que, a despeito de um número muito menor de depósitos frente às subáreas tecnológicas CEOR e TEOR, a recuperação terciária por solvente dióxido de carbono tem sido foco de estudos em muitas universidades, como em destaque no rol de principais empresas da Figura 26.

A despeito de não estar contabilizado entre os maiores atores, cabe trazer a destaque a situação do Brasil, que apresenta um número bem pequeno de depósitos de patentes nacionais. No caso, a Petrobras S. A., para a EOR-CO₂, tem 2 depósitos de patentes, unificados em famílias. Por outro lado, denota-se do resultado que essa é a única empresa do hemisfério sul a estar desenvolvendo tecnologia nesta subárea tecnológica.

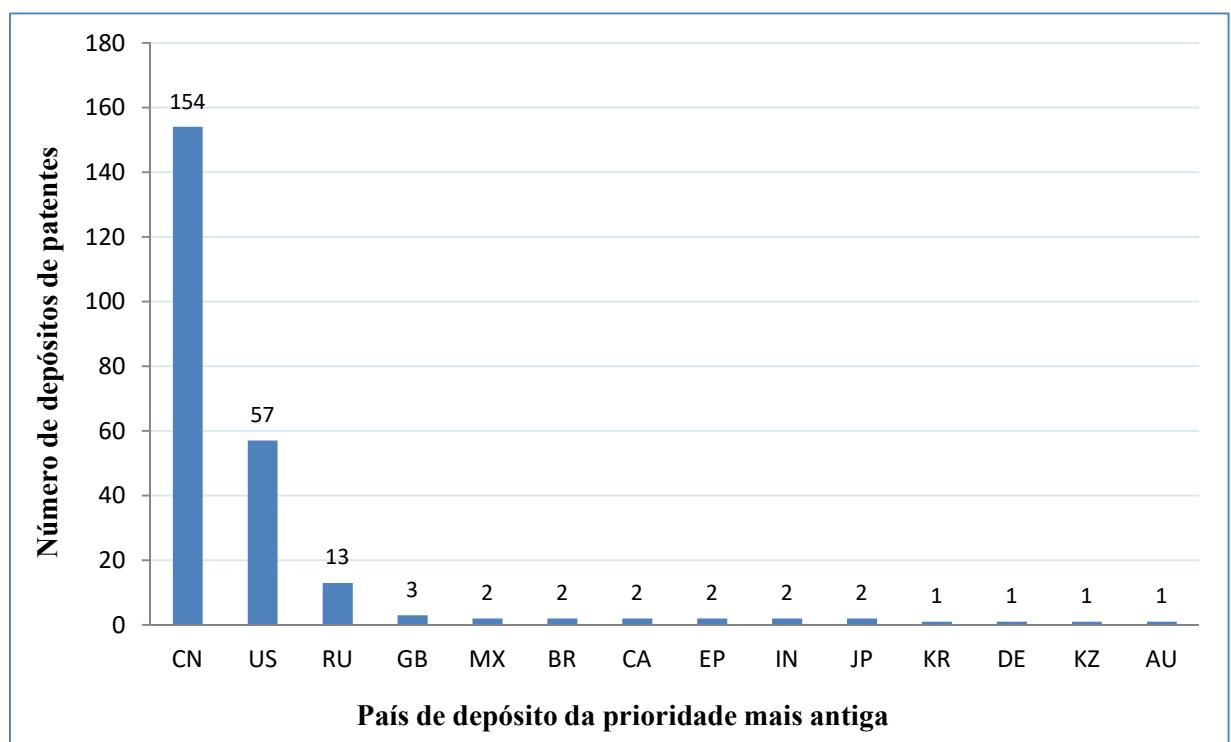
Por fim, devido à grande dispersão dos dados e pelo conjunto reduzido em CO₂-EOR, optou-se por alocar o gráfico semelhante à Figura 18 no Apêndice E, que explicita as áreas de concentração tecnológicas dos três principais depositantes, China (CN), Estados Unidos (EUA) e Rússia, somados ao Brasil (BR).

6.2.3.4 Recuperação terciária de petróleo por ação microbiológica (MEOR)

Os processos de EOR por ação microbiológica (MEOR) atuam por meio de microrganismos e seus produtos metabólicos, de modo que esses possam estimular a mobilidade do petróleo residual nas formações e consequente recuperação. Os processos de MEOR envolvem a injeção de microrganismos selecionados ao reservatório, que por ação do seu crescimento e geração de derivados dos processos biológicos, irão propiciar uma fluidificação do óleo residual (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

Como a CO₂-EOR, a MEOR está em franco crescimento em investimentos à pesquisa e à aplicação, mas carrega o problema de ser de difícil análise e teste no campo de produção. Há problemas de contaminação cruzada entre microrganismos, comportamentos não uniformizados e etc, que tem limitado e particularizado a adoção da MEOR mais extensivamente (DONALDSON, CHILINGARIAN e YEN, 1989).

Figura 27: Número de depósitos de patente em relação ao país de prioridade mais antiga.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

Denota-se da Figura 27 que a China é o país onde a maior parte das tecnologias ligadas à MEOR tem sido desenvolvida, apresentando **154** depósitos de patentes, unificadas em suas famílias. Em seguida, os Estados Unidos (US), com 57 documentos e, em posição distante, em terceiro lugar, o Reino Unido (GB), com 13 depósitos de patentes, todos unificados em suas famílias. Ainda, destaca-se o Brasil, com 2 depósitos de patentes unificados em suas famílias.

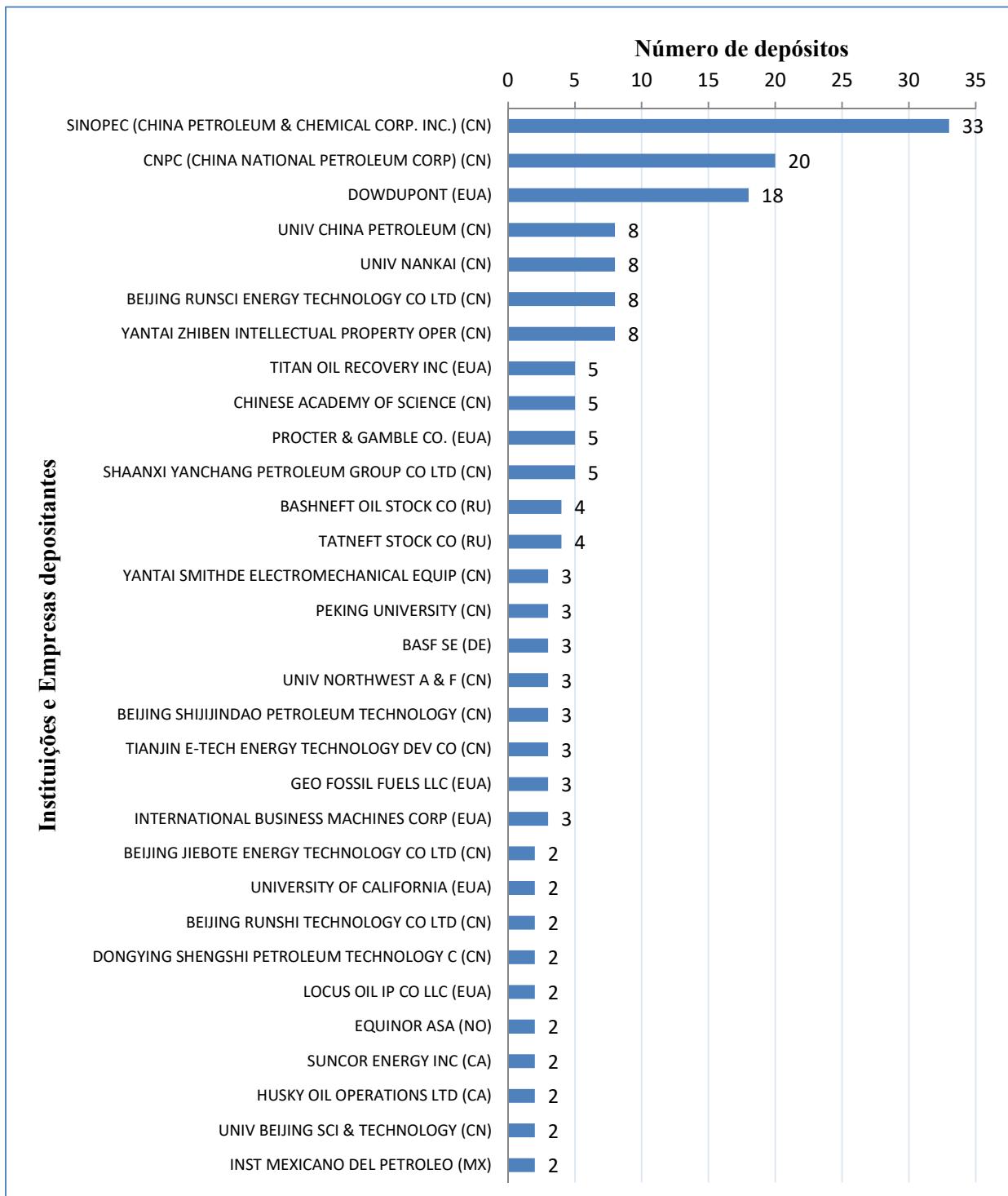
Da Figura 28 vislumbram-se as principais empresas e instituições depositantes de patentes em recuperação terciária de petróleo por ação microbiológica (MEOR). Destas, destacam-se da classificação decrescente, as chinesas Sinopec e CNPC, com respectivamente 33 e 20 depósitos de patentes, seguida pela DuPont, dos EUA, com 18 depósitos patentários, unificados em famílias de patentes.

Desta subárea, destaca-se o interesse maior à proteção das empresas chinesas ao desenvolvimento de tecnologias nesta área. Vislumbra-se também que, como a CO2-EOR, a subárea MEOR tem pequena representação no conjunto de tecnologias empregadas à recuperação terciária de petróleo.

Novamente, a despeito de não estar contabilizado entre os maiores atores, cabe trazer a destaque a situação do Brasil, que apresenta somente 1 depósito de patente de nacional. No caso, representado pela Universidade da Bahia, já citada no início deste capítulo tópico.

Por fim, denota-se que devido à grande dispersão dos dados e pelo conjunto reduzido em MEOR, optou-se por alocar o gráfico semelhante à Figura 18 no Apêndice F, que explicita as áreas de concentração tecnológicas dos três principais depositantes, China (CN), Estados Unidos (EUA) e Rússia, somados ao Brasil (BR).

Figura 28: Principais 31 depositantes de patentes em MEOB, a partir do ano de 2005.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente tese teve como base algumas importantes premissas motivadoras iniciais, como a de entender que os combustíveis fósseis ainda serão objeto de grandes investimentos nas próximas décadas, ocupando grande participação percentual na matriz energética mundial, a despeito do avanço das energias alternativas e renováveis. E, ainda, a tese repousou sobre o fato de que a manutenção da demanda crescente em combustíveis fósseis no mundo ainda irá perdurar por muito tempo, o que pôde ser respaldada pelas estimativas de cenários futuros em relatórios técnicos de importantes instituições de referência (BP, 2019; IEA, 2018a; IRENA, 2018a; OPEC, 2017).

A despeito da demanda continuada ao consumo, paralelamente foi verificado um aumento crescente da dificuldade de se encontrar novas acumulações viáveis à recuperação de petróleo. Esta dificuldade vem demandando cada vez mais investimentos em novas tecnologias, capazes de elevar a produtividade das reservas de hidrocarbonetos. E, muito desse movimento ao investimento tecnológico pôde ser refletido e rastreado em documentos de patentes, sendo este validado como um importante indicador tecnológico (OECD, 2009).

O estudo extensivo em documentos de patentes sobre as tecnologias de recuperação terciária de petróleo (EOR) conseguiu mapear o emprego crescente, discriminando os principais mercados de interesse, bem como os principais atores de mercado, o de trazer luz sobre uma das áreas tecnológicas que mais avançam e tem sido foco dos principais investimentos na indústria de petróleo.

Outro ponto de constatação do estudo foi que, devido à sua natureza complexa, a EOR não é trivial, nomeadamente quando se considera as particularidades das técnicas empregadas em suas tecnologias específicas. Os processos EOR exigem enormes investimentos, principalmente no início, assim como um monitoramento cuidadoso ao longo de sua

aplicação, especialmente enquanto a taxa de recuperação dos poços é baixa e estendida por um longo período de tempo, de forma que a sua aplicação exige uma extensa avaliação de previsibilidade econômica, muito devido à baixa taxa de retorno dos investimentos.

Por tudo isso, foi verificado, em documentos de patentes, que a abrangência e disseminação dos métodos de EOR na indústria de petróleo ainda são limitadas. Por outro lado, embora essas restrições possam retardar a aplicação de qualquer um dos processos em suas subáreas tecnológicas o que se vê é um crescimento exponencial em patentes depositadas nos últimos 14 anos.

Os resultados mostraram um aumento no número de documentos de patentes envolvendo as tecnologias de EOR ao longo dos anos, notadamente para o período selecionado ao estudo. Ainda, os resultados apontaram o aumento expressivo da CEOR, acompanhada por uma elevação também considerável das outras tecnologias em EOR ora estudadas. O estudo também apontou que duas categorias de métodos EOR estão se mostrando bem-sucedidas: a CEOR e a TEOR.

Assim, a prospecção tecnológica em depósitos de patentes foi importante para dissecar o cenário atual da recuperação terciária de petróleo (EOR), bem como para estimar as tendências presentes com foco no futuro, isto é, por onde as tecnologias ligadas à EOR parecem caminhar.

A tese ainda forneceu como produto uma metodologia robusta e específica ao estudo dos processos de EOR em suas principais subáreas tecnológicas, de recuperação terciária de petróleo por ação de: compostos químicos (CEOR), elevação térmica (TEOR), de microrganismos (MEOR) e por dissolução de solvente, no caso, o dióxido de carbono (CO₂-EOR).

Os resultados aqui apresentados mostraram que, principalmente a China e os Estados Unidos, bem como outros países de primeiro mundo, são a referência tecnológica na área, notadamente com relação aos depósitos de patentes.

No que diz respeito ao cenário de patentes, o perfil patentário coloca os Estados Unidos e empresas americanas como maiores detentores de direitos de propriedade industrial relacionados à EOR no mundo.

Verificou-se ainda que a maior parte das patentes depositadas no Brasil é por não residentes, onde os depósitos de patentes realizados por residentes corresponde a menos do que 1% dos pedidos depositados no INPI, em que a maioria são depositados por empresas com sede nos Estados Unidos, China e Europa.

Com relação ao Brasil, diante do cenário mundial, o país tem participação significativa no que diz respeito à importância de mercado. No entanto, o número de depósitos patentários de empresas ou instituições nacionais não exprime a condição atual do país no que diz respeito aos volumes de hidrocarbonetos produzidos, bem como para com às características desafiadoras de suas acumulações à recuperação de petróleo, já que o país tem quase a totalidade de seus campos petrolíferos localizados em alto mar e, em grande parte, em regiões de águas ultraprofundas, onde o emprego de tecnologias de EOR é uma necessidade e não uma condição.

Por outro lado, cabe ressaltar que a mudança da posição do país, no que diz respeito à sua competitividade expressa em tecnologias próprias patenteadas, poderá se dar pelo estímulo advindo da Lei nº 9.478/1997, que estabeleceu para a ANP, dentre outras, a atribuição de estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor. Na Lei, há a cláusula de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), que deve estar implícita nos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural no Brasil. Esta tem por objetivo fomentar a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o

setor pelo estabelecimento de que os concessionários devem realizar despesas qualificadas, como pesquisa e desenvolvimento, em valor correspondente a 1% (um por cento) da receita bruta da produção dos campos que pagam Participação Especial (BRASIL, 1997).

Nos contratos de partilha de produção e de cessão onerosa, o valor da obrigação corresponde a, respectivamente, 1% (um por cento) e 0,5% (meio por cento) da receita bruta anual dos campos pertencentes aos blocos detalhados e delimitados nos respectivos contratos. Esses projetos podem ser executados pela própria empresa petrolífera, por empresas brasileiras ou por instituições credenciadas de todo o país.

Desta forma, de tudo o que foi observado no presente estudo, propõe-se uma política de promoção, capacitação e de investimentos aos institutos de pesquisa públicos, bem como outros incentivos às empresas privadas, que não somente as obrigações legais, de modo que atuem na produção de tecnologias de recuperação terciária de petróleo, em território nacional, com a decorrente proteção em patentes no Brasil. Tal objetivo, se cumprido, dará resposta às demandas advindas dos desafios atuais e futuros não só do pré-sal, mas para inserir o país no cenário mundial como um fornecedor de tecnologia de maior valor agregado e não somente a comódite.

Ainda, como desdobramentos do presente estudo, recomenda-se o aprofundamento científico nas tecnologias aqui mencionadas, de modo que possam fornecer caminhos mais facilitados aos atores que pretendem investir nas diversas subáreas estudadas. Considera-se, também, que a análise de outros tipos de tecnologia de EOR, que não as abordadas na presente tese, seria profícua, pois possibilitaria o mapeamento de outras rotas de desenvolvimento ainda no início.

Considerando a problemática dos impactos ambientais advindos da indústria de petróleo, uma das rotas de possível estudo futuro seria a recuperação avançada de petróleo por dióxido de carbono (CO₂-EOR) associada ao sequestro de dióxido de carbono de fontes

antropogênicas. A tecnologia vem ganhando cada vez mais atenção nos círculos políticos e científicos, em particular, pelo fato de que é vista como uma solução potencial ao problema da poluição, em vista da captura e estocagem de carbono no subsolo (*Carbon Capture and Storage - CCS*). No caso, de forma simples, vislumbra-se que o impacto do gás estufa dióxido de carbono, originado da queima de combustíveis fósseis, poderia ser mitigado pela sua reintrodução às formações subterrâneas, e, ainda, possibilitaria a elevação do óleo das reservas à superfície, por dissolução de solvente (THOMAS, 2004).

Especificamente no Brasil, o emprego da CO₂-EOR-CSS em campos *offshore*, poderia ser um caminho viável, que leve a uma revolução no uso dos combustíveis fósseis, pois, quando entendido que o passivo associado às emissões de carbono oriundo de fontes antropogênicas, pelo uso de combustíveis fósseis, pode ser mitigado, de maneira viável, por essas tecnologias, entende-se que as atividades do setor de petróleo teria seu poder competitivo reestabelecido frente àquelas oriundas de fontes renováveis ou alternativas, notadamente com relação ao seu uso como fonte de energia primária.

Seria importante também realizar o acompanhamento das fusões e aquisições das empresas de energia ligadas ao setor de petróleo, assim como suas políticas de investimento e desinvestimento nos mercados onde atuam, notadamente com relação aos campos de exploração de petróleo, incluindo os novos sítios de exploração e produção. Claro que, para tal, entende-se ser necessário um estudo aprofundado das variáveis que impactam o setor, como as questões econômicas, que incluem o preço do barril e a composição dos estoques mundiais, e as questões geopolíticas, que incluem as disputas e sanções entre países ou impostas pelas Organizações das Nações Unidas (ONU).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERINI, J. C. **Estratégias para o desenvolvimento da cadeia produtiva de petróleo e gás no Paraná.** Dissertação (Mestrado Profissional) - Departamento de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico - UFPR. Curitiba, p. 108. 2011. Disponível em:. Acesso em: 15 de março de 2018.
- ALVARADO, V.; MANRIQUE, E. Enhanced Oil Recovery: An Update Review. **Energies**, v. 3, n. 9, p. 1529-1575, agosto 2010. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.3390/en3091529>>. Acesso em: maio de 2018.
- ALVES, J. M. D. S. **Análise de Patentes na indústria Avícola Internacional.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios - UFRGS. Porto Alegre, p. 123. 2003. Disponível em:. Acesso em: 15 novembro. 2018.
- AMPARO, K. K.; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 195-209, 2012. Disponível em:. Acesso em: 25 de maio de 2017.
- ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis.** ANP. Rio de Janeiro, p. 265. 2018.. Acesso em: 10 de maio de 2019.
- ARAGÃO, A. P. **Estimativa da Contribuição do Setor Petróleo ao Produto Interno Bruto Brasileiro: 1955/2004.** Dissertação (Mestrado) - COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, p. 152. 2005.
- ARCHIBUGI, D. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. **Science and Public Policy**, v. 19, n. 6, p. 357-368, 1992.
- ARCHIBUGI, D.; PLANTA, M. Measuring technological change through patents and innovation surveys. **Technovation**, v. 16, n. 9, p. 451-468, setembro 1996.
- BACHMANN, R. T.; JOHNSON, A.; EDYVEAN, R. Biotechnology in the petroleum industry: an overview. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 86, p. 225-237, janeiro 2014.
- BARBOSA, A. L. F. Patentes: crítica à racionalidade, em busca da racionalidade. **Cadernos de Estudos Avançados**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 17-34, 2005.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2011. 118 p.

BP. **BP Statistical Review of World Energy 69th Edition.** British Petroleum. [S.l.], p. 64. 2019.

BRASIL. Decreto n. 24.642, de 10 de jun. de 1934. **Decreta o Código de Minas**, 10 julho 1934. Disponível em:. Acesso em: abril de 2018.

BRASIL. Decreto-Lei nº 395, de 29 de abril de 1938. **Declara de utilidade pública e regula a importação, transporte, distribuição e comércio de petróleo bruto e seus derivados, no território nacional, e bem assim a indústria da refinação de petróleo importado ou produzido no país, e dá outras providências**, Brasília, DF, 29 abril 1938. Disponível em:. Acesso em: 10 de maio de 2018.

BRASIL. Decreto nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994. **Ratifica e introduz no ordenamento brasileiro a Ata Final que Incorpora aos Resultados da Rodada Uruguai de Negociações Comerciais Multilaterais do GATT, constituída pelo Acordo sobre o TRIPS**, Brasília, DF, dez 1994.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial**, Brasília, DF, mai 1996. Disponível em:. Acesso em: 30 de julho de 2016.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências**, Brasília, DF, 06 ago 1997. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9478.htm. Acesso em: 30 de março de 2018.

BRASIL. Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010. **Dispõe sobre a exploração e a produção de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos, sob o regime de partilha de produção, em áreas do pré-sal e em áreas estratégicas**, 22 dezembro 2010. Disponível em:. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

BROW, L. R. Microbial enhanced oil recovery (MEOR). **Current Opinion in Microbiology**, v. 13, n. 3, p. 316-320, junho 2010.

BUENAVENTURA, J. E. et al. Gas Injection Enhanced Oil Recovery Application in a Mature Naturally-Fractured-Carbonate Reservoir. in: **SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference**, Maracaibo, p. 10, 21-23 maio 2014. Disponível em:. Acesso em: fevereiro de 2019.

CAPES. Periódicos Capes. **Periódicos Capes**, 2018. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 10 outubro 2018.

CARVALHO, J. F. D. Combustíveis Fósseis e Insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 1 a 4, setembro 2008. ISSN 2317-6660. Disponível em:. Acesso em: 12 de abril de 2019.

CLARIVATE ANALYTCS. DWPI Reference Center. **DERWENT**, 2019c. Disponivel em: <<https://clarivate.com/derwent/dwpi-reference-center/>>. Acesso em: 12 agosto 2019.

CLARIVATE ANALYTICS. Clarivate Analytics News. **Clarivate Analytics**, 2019a. Disponivel em: <<https://clarivate.com/news/>>. Acesso em: outubro 2019.

CLARIVATE ANALYTICS. **Derwent World Patents Index (DWPI)**: CPI Manual Codes. 26. ed. [S.l.]: [s.n.], 2019b. 542 p.. Acesso em: 30 de junho de 2019.

CNI. **Propriedade Industrial Aplicada**: reflexões para o magistrado. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2013. 224 p.

CNPC. About CNPC. **China National Petroleum Corporation**, 2019. Disponivel em: <http://www.cnpc.com.cn/en/aboutcnpc/aboutcnpc_index.shtml>. Acesso em: outubro 2019.

COATES, J. F. Foresight in Federal Government Policymaking. **Futures Research Quarterly**, v. 1, n. 2, p. 29-53, 1985.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa**: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto. Tradução de Magda França LOPES. 3. ed. [S.l.]: Penso, 2010. 296 p.

DONALDSON, E. C.; CHILINGARIAN, G. V.; YEN, T. F. **Enhanced Oil Recovery, I**: Fundamentals and Analyses. [S.l.]: Elsevier Science, 1985. 374 p.

DONALDSON, E. C.; CHILINGARIAN, G. V.; YEN, T. F. **Enhanced Oil Recovery, II** , Fundamentals and Analyses. [S.l.]: Elsevier Science, 1989. 603 p.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147-162, junho 1982.

DOSI, G.; MARENGO, L.; PASQUALI, C. How much should society fuel the greed of innovators?: On the relations between appropriability, opportunities and rates of innovation. **Research Policy**, 35, n. 8, outubro 2006. 1110-1121.

DUIGNAN,. Venn diagram. **Encyclopaedia Britannica**, 2014. Disponivel em: <<https://www.britannica.com/topic/Venn-diagram>>. Acesso em: novembro 2019.

DUIGNAN, B.; CRASTON, M. Jean-Jacques Rousseau. **Encyclopaedia Britannica**, 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Jean-Jacques-Rousseau>>. Acesso em: junho 2019.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Energy, Physics. **Encyclopaedia Britannica**, 2000. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/energy>>. Acesso em: 05 março 2019.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Peter F. Drucker. **Encyclopaedia Britannica**, 2005. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Peter-F-Drucker>>. Acesso em: julho 2018.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Joseph Alois Schumpeter. **Encyclopaedia Britannica**, 2016. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Joseph-Schumpeter#accordion-article-history>>. Acesso em: junho 2018.

EPE. **Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Rio de Janeiro, p. 296. 2017. Disponível em:. Acesso em: 15 de março de 2018.

EPO. About Us. **European Patent Office**, 2018. Disponível em: <<https://www.epo.org/about-us.html>>. Acesso em: julho 2018.

EPO. Espacenet LATIPAT. **Espacenet**, 2019a. Disponível em: <https://lp.espacenet.com/help?locale=pt_LP&method=handleHelpTopic&topic=patentfamily>. Acesso em: 28 agosto 2019.

EPO. ESPACENET. **EPO**, 2019b. Disponível em: <<https://worldwide.espacenet.com>>. Acesso em: 15 agosto 2019.

EPRI. **Enhanced Oil Recovery Scoping Study, TR-113836**. EPRI Chemicals, Petroleum, and Natural Gas Center. Palo Alto, p. 148. 1999. Disponível em:. Acesso em: 10 de maio de 2018.

ESCHNER, K. John D. Rockefeller was the richest person to ever live. **SMITHSONIAN.COM**, 10 janeiro 2017. Disponível em: <<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/john-d-rockefeller-richest-person-ever-live-period-180961705/>>. Acesso em: 17 março 2018.

FAGAN, A. **An Introduction to Petroleum Industry**. Government of Newfoundland and Labrador. [S.l.], p. 106. 1991. Disponível em:. Acesso em: 21 de novembro de 2017.

FAHIM, ; AL-SAHHAF, ; ELKILANI,. **Fundamentals of Petroleum Refining**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2009. 516 p.

FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, E.; PEDROSA JUNIOR, O. A.; PINHO, A. C. D. Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa. **Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa**, 2018. Disponível em: <<http://dicionariodopetroleo.com.br/>>. Acesso em: março 2018.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. **Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC)**, 2018. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/arquivo>>. Acesso em: 22 março 2018.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A Economia da Inovação Industrial**. 1. ed. São Paulo: Editora da Unicamp, 2009.

FREITAS, A. G. D.; FURTADO, A. T. Processo de aprendizagem da petrobrás: programas de capacitação tecnológica em sistemas de produção offshore. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 8, n. 1, p. 1-11, 08 janeiro 2001.

GALDEMAN, M. **Poder e conhecimento na economia global**: O regime internacional da propriedade intelectual da sua formação às regras de comércio atuais. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2004. 320 p.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. [S.l.]: Atlas, 2010. 192 p.

GLOBO. EUA elevam reserva de petróleo e produção marca novo recorde. **GLOBO.COM**, 01 maio 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/05/01/eua-elevam-reserva-de-petroleo-e-producao-marca-novo-recorde.ghtml>>. Acesso em: 20 maio 2019.

GODET, M.; DURANCE, P.; DIAS, J. G. Prospectiva Estratégica para as Empresas e os Territórios. **Caderno**, v. 20, setembro 2008. Disponível em:. Acesso em: 15 de abril de 2018.

GRILICHES, Z. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. **Journal of Economic Literature**, v. 28, n. 4, p. 1661-1707, 1990.

HEILBRONER, R. **A história do pensamento econômico**. 6. ed. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda., 1996.

HÉMERY, D.; DEBEIR, J. C.; DELÉAGE, J.-P. **Uma história da Energia**. Tradução de Sérgio de Salvo BRITO. Brasília: Editora UNB, 2007. 440 p.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Brasil: Editora Objetiva, 2004.

HURMELINNA-LAUKKANEN, P.; PUUMALAINEN, K. Nature and dynamics of appropriability: strategies for appropriating returns on innovation. **R&D Management**, 37, n. 2, 28 fev. 2007. 95-112.

IEA. World Energy Outlook 2018. **International Energy Agency**, 2018a. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2018/>>. Acesso em: 15 dezembro 2018.

IEA. **Offshore Energy Outlook 2017**. International Energy Agency. France, p. 80. 2018b.

INPI. **Patente: história e futuro**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. 40 p. Disponível em:. Acesso em: 05 de agosto de 2017.

INPI. **Bloco I de Diretrizes de Exame de Pedidos de Patente: Título, Relatório Descritivo, Quadro Reivindicatório, Desenhos e Resumo**. INPI. Rio de Janeiro, p. 55. 2012.

INPI. **Inventando o futuro: uma introdução às patentes para as pequenas e médias empresas 3 - Série sobre A Propriedade Intelectual e as Atividades Empresariais**. INPI. Rio de Janeiro, p. 68. 2013.. Acesso em: 05 de agosto de 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook 2018. **IEA**, 2018. Disponível em: <<https://www.iea.org/weo2018/>>. Acesso em: 15 dezembro 2018.

INVESTING. Commodities nesta semana: silêncio do irã gera apreensão no petróleo; ouro reverte. **Investing.com**, 20 maio 2019a. Disponível em: <<https://br.investing.com/analysis/commodities-nesta-semana-silencio-do-ira-gera-apreensao-no-petroleo-ouro-reverte-200226234>>. Acesso em: 20 maio 2019.

INVESTING. Você teria coragem de apostar na queda do petróleo neste momento? **Investing.com**, 17 maio 2019b. Disponível em: <<https://br.investing.com/analysis/voce-teria-coragem-de-apostar-na-queda-do-petroleo-neste-momento-200226204>>. Acesso em: 20 maio 2019.

IRENA. **Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050**. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi, p. 76. 2018a. Disponível em:.

IRENA. **Renewable Capacity Statistics 2018**. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi, p. 60. 2018b. Disponível em:.

JOHN F. KENNEDY PRESIDENTIAL LIBRARY AND MUSEUM. Address in the Assembly Hall at the Paulskirche, Frankfurt. **John F. Kennedy Presidential Library and**

Museum, 25 jun. 1963. Disponível em: <<https://www.jfklibrary.org/Asset-Viewer/Archives/JFKPOF-045-023.aspx>>. Acesso em: 20 março 2018.

JOHN F. KENNEDY PRESIDENTIAL LIBRARY AND MUSEUM. John F. Kennedy Presidential Library and Museum. **John F. Kennedy Presidential Library and Museum**, 2018. Disponível em: <<https://www.jfklibrary.org/>>. Acesso em: 02 março 2018.

JUNGMANN, D. M.; BONETTI, E. A. **Inovação e propriedade intelectual**: guia para o empresário. Brasília: SENAI, 2010. Disponível em:. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. Prospecção Tecnológica In: CARUSO, L. A.; TOGRE, P. B. (Eds.), Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. **Papeles de La Oficina Técnica**, Montevideó, v. 14, p. 17-35, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. [S.l.]: Atlas, 2010. 320 p.

LAKE, W. L. **Enhanced Oil Recovery**. 1. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1996. 550 p.

LANCASTER, F. W. **Indexação e resumos**: teoria e prática. Tradução de Antônio Agenor Briquet de LEMOS. 2. ed. [S.l.]: Briquet De Lemos, 2004. 452 p.

LUCID CHART. Diagrama de Venn. **LucidChart**, 2018. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-diagrama-de-venn>>. Acesso em: novembro 2019.

MACEDO, M. F. G.; BARBOSA, A. L. F. **Patentes, pesquisa e desenvolvimento**: um manual de propriedade intelectual. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000. 164 p. Disponível em:. Acesso em: novembro de 2018.

MARTINA, M. China's patent targets mask weak innovation: study. **Reuters**, 2012. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-china-patents-eu/chinas-patent-targets-mask-weak-innovation-study-idUSBRE87K0D720120821>>. Acesso em: 15 outubro 2019.

MARTINS, D. **Ipiranga : a trajetória de uma refinaria em Rio Grande (RS) rumo à consolidação de um grupo empresarial (1930-1967)**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, PUC-RS. Porto Alegre, p. 140. 2008.

MAYERHOFF, Z. D. V. L. Uma Análise Sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 7-9, 2008. Disponível em:. Acesso em: 15 de abril de 2018.

MEIDAN, M. **The structure of China's oil industry: past trends and future prospects.** University od Oxford. Oxford, p. 58. 2016.

MELLO, M. T. L. **Propriedade intelectual e concorrência: uma análise setorial.** Tese (Doutorado), Instituto de Economia - UNICAMP. Campinas. 1995.

MELLO, M. T. L. Propriedade Intelectual e Concorrência. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 445-482, julho/dezembro 2009.

MORAIS, J. M. D. **Petróleo em águas profundas:** uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. Brasília: Ipea : Petrobras, 2013. 424 p. Disponível em:. Acesso em: janeiro de 2017.

NASSI-CALÒ, L. A ciência na América do Sul na Nature [online]. **SciELO em Perspectiva**, 2014. Disponivel em: <<https://blog.scielo.org/blog/2014/07/04/a-ciencia-na-america-do-sul-na-nature/>>. Acesso em: 20 dezembro 2017.

NATURE. Thomas Alva Edison (1847–1931). **Nature**, v. 159, p. 191-192, 08 fevereiro 1947. Disponivel em: <<https://www.nature.com/articles/159191c0#citeas>>. Acesso em: maio 2018. Disponível em:. Acesso em: 08 de maio de 2018.

NELSON, R. R. Economic development from the perspective of evolutionary economic theory. **Technology Governance**, janeiro 2006. Disponivel em: <http://technologygovernance.eu/eng/the_core_faculty/working_papers/>. Acesso em: 20 abril 2018. Paper no. 2.

NETO, J. B. O.; COSTA, A. J. D. A Petrobrás e a exploração de Petróleo Offshore no Brasil: um approach evolucionário. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 1, p. 95-109, janeiro/março 2007. Disponível em:. Acesso em: 20 de abril de 2018.

OECD. **OECD Patent Statistics Manual.** Paris: OECD Publishing, 2009. 158 p. Disponível em:. Acesso em: 20 de julho de 2018.

OECD/IEA & IRENA. **Perspectives for the energy transition: Investment needs for a low-carbon energy system.** International Renewable Energy Agency (IRENA). [S.l.], p. 204. 2017. Disponível em:.

OLIVEIRA, L. G. et al. Informação de patentes: ferramenta indispensável para a pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Química Nova**, v. 28, n. Suplemento, p. S36-S40, 2005.

ONU. OMPI: Organização Mundial da Propriedade Intelectual. **ONU**, 2019. Disponivel em: <<https://nacoesunidas.org/agencia/ompi/>>. Acesso em: 20 abril 2019.

OPEC. **OPEC World Oil Outlook 2040.** ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES. [S.l.], p. 110. 2017. Disponível em:. Acesso em: outubro de 2017.

PATEL, J. et al. Recent developments in microbial enhanced oil recovery. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1539-1558, dezembro 2015.

PEDROSA, O.; CORRÊA, A. A crise do petróleo e os desafios do pré-sal. **Caderno Opinião**, p. 16, fevereiro 2016.. Acesso em: 10 de abril de 2018.

PEREIRA, L. M. **Modelo de formação de preços de commodities agrícolas aplicado ao mercado de açúcar e álcool.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - USP. São Paulo, p. 209. 2009. Disponível em:. Acesso em: 20 de março de 2018.

PETROBRAS. Plano de Negócios e Gestão 2018-2022. **PETROBRAS**, 2018a. Disponivel em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/estrategia/plano-de-negocios-e-gestao/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

PETROBRAS. Pré-Sal. **PETROBRAS**, 2018b. Disponivel em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>>. Acesso em: 10 maio 2018.

PRATES, D. M. O efeito-contágio da crise global sobre os países emergentes. In: FERRARI FILHO, F.; PAULA, L. F. D.; (ORG.) **A Crise Financeira Internacional: Origens, desdobramentos e perspectivas.** 1. ed. Campinas: Editora UNESP, 2012. p. 151-154.

PRUD'HOMME, D. **Dulling the Cutting-Edge: How Patent-Related Policies and Practices Hamper Innovation in China.** European Union Chamber of Commerce in China. [S.l.], p. 236. 2012. (MPRA Paper n° 43299).

QUINTELLA, C. M. et al. Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação. **Revista Virtual de Química**, p. 407-415, 2011. Disponível em:< . Acesso em: 10 de abril de 2018.

RAVEN, ; MATSUSHITA, O.; WHITE, A. R. The Future of Carbon Dioxide Injection EOR in the United States. **Pillsburylaw**, 19 julho 2016. Disponivel em: <<https://www.pillsburylaw.com/images/content/1/0/v2/104421/AdvisoryJuly2016FinanceUseofCO2forEnhancedOilRecovery.pdf>>. Acesso em: 20 março 2018.

RIVETTE, K. G.; KLINE, D. Discovering New Value in Intellectual Property. **Harvard Business Review**, 2000. Disponível em: <<https://hbr.org/2000/01/discovering-new-value-in-intellectual-property>>. Acesso em: 15 janeiro 2018.

ROYAL DUTCH SHELL. Investors. **Shell**, 2019. Disponível em: <<https://www.shell.com/investors.html>>. Acesso em: outubro 2019.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. Tradução de Daisy Vaz de MORAES; Ana Gracinda Queluz GARCIA e Marcos Júlio Dirceu da SILVA. 5. ed. [S.l.]: Mc Graw Hill, 2013. 624 p.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**: Uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. 1. ed. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda., 1997.

SHENG, J. **Modern Chemical Enhanced Oil Recovery: Theory and Practice**. 1. ed. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2010.

SILVA, A. C. R. D. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**. Salvador: UFBA, 2017. 174 p.

SINOPEC. About Sinopec. **Sinopec**, 2019. Disponível em: <<http://www.sinopec.com/listco/en/>>. Acesso em: outubro 2019.

SIRILLI, G.; EVANGELISTA, R. Technological Innovation in Services and Manufacturing: Results from Italian Surveys. **Research Policy**, v. 27, n. 9, p. 881-899, dezembro 1998.

SLANEY, B.; MCGRATH, D. From windfalls to pitfalls: Intellectual Property in the oil and gas industry. **Blakes**, 2013. Disponível em: <<http://www.blakes.com/English/WhatWeDo/Practices/IntellectualProperty/Pages/IP-Update-November-2013.aspx>>. Acesso em: 02 agosto 2017.

SOUZA, C. G.; AGUIAR, R. A. A.; MENDES, H. S. **Como usar documentos de patentes como fonte de informação tecnológica**. COBENGE2010: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Fortaleza: [s.n.]. 2010. p. 10. Disponível em:. Acesso em: 21 de dezembro de 2017.

SOUZA, F. R. **Impacto do Preço do Petróleo na Política Energética Mundial**. Dissertação (Mestrado) - COPPE I, UFRJ. Rio de Janeiro, p. 160. 2006. Disponível em:. Acesso em: 20 de maio de 2018.

SPEIGHT, J. G. **The Chemistry and Technology of Petroleum.** 5. ed. [S.l.]: CRC Press, 2014. 953 p.

SUNO. Petróleo: ministro saudita recomenda corte dos estoques. **SUNO Research**, 19 maio 2019. Disponível em: <<https://www.sunoresearch.com.br/noticias/petroleo-ministro-saudita-corte-estoque/>>. Acesso em: 20 maio 2019.

SZMRECSÁNYI, T. A herança schumpeteriana. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: HUCITEC, 2006.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, 15, n. 6, dezembro 1986. 285-305.

THE VANTAGE POINT. The vantage Point. **The vantage Point**, 2019. Disponível em: <<https://www.thevantagepoint.com/products/4-products/vantagepoint/15-turn-information-into-knowledge.html>>. Acesso em: junho 2019.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciênciа, 2004. 271 p.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação:** a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 282 p.

TOUKAN, I. **Exploring the value proposition of integrating back-up saline storage into anthropogenic CO₂ supplied EOR operations**. Master Science Thesis - Department of Mechanical Engineering, MIT. [S.l.], p. 122. 2012. Disponível em:. Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.

UNICEF. Declaração Universal dos Direitos Humanos. **UNICEF**, 1948. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/resources_10133.htm>. Acesso em: 18 março 2018.

UOL. Por que o preço do petróleo voltou ao valor mais alto em 3 anos. **UOL ECONOMIA**, 2018. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/bbc/2018/04/26/por-que-o-preco-do-petroleo-voltou-ao-valor-mais-alto-em-3-anos.htm>>. Acesso em: 04 novembro 2018.

VALERO. Basics of Refining and Optimization. **VALERO**, 06 fevereiro 2015. Disponível em: <<https://www.valero.com/en-us/Documents/Operations/2015+Barclays+Teach-In+FINAL+2-3-2015.pdf>>. Acesso em: 18 abril 2019.

VASCONCELLOS, M. A.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 5. ed. São Paulo: Saraivauni, 2014.

VERMA, M. K. **Fundamentals of Carbon Dioxide-Enhanced Oil Recovery (CO₂-EOR)—A Supporting Document of the Assessment Methodology for Hydrocarbon Recovery Using CO₂-EOR Associated with Carbon Sequestration.** U.S. Geological Survey - USGS. [S.l.], p. 24. 2015.

VIVALBA, H. G. O contrato social de Jean-Jacques Rousseau: uma análise para além. **Filogenese**, 6, n. 2, 2013. 63-76. Disponível em:. Acesso em: 20/04/2018.

WIPO. **WIPO Intellectual Handbook.** World Intellectual Property Organization. [S.l.], p. 488. 2004. Disponível em:. Acesso em: 08 de agosto de 2017.

WIPO. **Standard ST.9: Recommendation concerning bibliographic data on and relating to patents and Specs.** WIPO. [S.l.], p. 13. 2013. Disponível em:<<http://www.wipo.int/export/sites/www/standards/en/pdf/03-09-01.pdf>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

WIPO. Understanding Industrial Property. **WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION**, 2016. Disponivel em:<http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/intproperty/895/wipo_pub_895.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2016.

WIPO. **World Intellectual Property Indicators 2018.** World Intellectual Property Organization. Geneva, p. 230. 2018. Disponível em:. Acesso em: março de 2019.

WIPO. PATENTSCOPE. **Patentscope- WIPO**, 2019a. Disponivel em:<<https://patentscope.wipo.int>>. Acesso em: 15 agosto 2019.

WIPO. International Patent Classification (IPC). **WIPO**, 2019b. Disponivel em:<<https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>>. Acesso em: 03 julho 2019.

WTO. trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS). **WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO)**, 2019. Disponivel em:<https://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm>. Acesso em: 08 março 2019.

WTO. WTO organization chart. **World Trade Organization**, 2019. Disponivel em:<https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/org2_e.htm>. Acesso em: junho 2018.

YERGIN, D. **O petróleo:** Uma história mundial de conquistas, poder e dinheiro. 4. ed. [S.l.]: Paz & Terra, 2018. 1080 p.

ZHAO, D. W.; GATES, I. D. On hot water flooding strategies for thin heavy oil reservoirs. **Fuel**, v. 153, p. 559-568, 1 agosto 2015. Disponível em:. Acesso em: 05 de julho de 2018.

APÊNDICE A - DWPI e DPCI

A escolha da coleção de dados **DWPI** (*Derwent World Patents Index*[®]) na plataforma *Derwent Innovation*[®] (DI) se explica pelo fato de que, em primeiro lugar, o banco de dados **DWPI** inclui dados aprimorados de patentes de mais de 59 autoridades mundiais de patentes e 2 fontes de periódicos, cobrindo 81,1 milhões de registros de patentes e 39,4 milhões de famílias de patentes, isso para março de 2019 (DERWENT, 2019). Ademais, a elaboração do DWPI[®] (DERWENT, 2019) é condicionada a uma equipe de “editores cientificamente treinados, que avalia, classifica, abstrai e codifica as patentes de áreas distintas, incluindo agricultura, medicina veterinária, engenharia eletrônica/elétrica, química, farmacêutica e polímeros”. O esforço revisório sobre os documentos patentários abrange, em média, 27.000 novos documentos de patentes por semana, representando um a contribuição ao banco de dados de um adicional de 3 milhões de registros por ano. A seleção se justifica, ainda, pelos seguintes recursos do dito banco de dados:

- 1) Títulos de patentes reescritos: títulos originais reescritos por especialistas, para torná-los mais fáceis de entender e mais significativos quando do destaque da novidade em relação a cada invenção e ao seu uso;
- 2) Resumos em inglês da patente original: adequaram entre 250 a 500 palavras nos resumos, a partir dos originais das patentes, em 20 línguas diferentes. Os resumos, ainda, sumarizam as reivindicações e relatórios descritivos e destacam a novidade, o uso e as vantagens de cada invenção;
- 3) Sistema de classificação sofisticado: sistema proprietário para classificar e indexar consistentemente os registros de patentes em várias tecnologias. O esquema de classificação destaca tanto a novidade quanto o uso de uma invenção, permitindo

que a busca identifique facilmente a real importância de uma invenção. Os códigos são aplicados consistentemente a todos os países e/ou regiões; e,

4) Informações da família de patentes com identificação de “não-convenção” equivalentes: as famílias de patentes coletam todas as patentes relacionadas à mesma invenção em um único registro. Documentos de patente de 59 autoridades de patentes em todo o mundo e 2 fontes de revistas são revisados para uma invenção e os dados são compilados e apresentados em uma tabela de família de patentes concisa. A família de patentes inclui equivalentes de “não-Convenção”, que podem se originar de depósitos que são arquivados por inventores não residentes em um país/região, sem reivindicar prioridade estrangeira ou depósitos que estão arquivados fora do período de graça de 12 meses, conforme estipulado pela Convenção de Paris.

Relativamente ao banco de dados **DPCI** (*Derwent Patent Citations Index*) (DERWENT, 2019), denota-se que este inclui “dados de citações de patentes, aprimorados para mais de 19,1 milhões famílias de patentes, abrangendo 143 milhões patentes citadas, 136 milhões de patentes citantes e 33,2 milhões de citações de literatura de mais de 26 autoridades/escritórios internacionais diferentes de emissão de patentes”. O DPCI reúne citações de patentes e literatura no nível da invenção, verificando-as com o objetivo de tornar as citações exatas e com erros de catalogação totalmente corrigidos. Tal característica propicia a cobertura completa da citação para uma única invenção. Além disso, os recursos particulares que se seguem justificam a escolha do **DPCI** como um banco de dados de pesquisa em propriedade industrial indispensável a resultados confiáveis:

1) Dados de citação verificados: os dados da citação da patente são revisados e erros são corrigidos manualmente, tanto bibliográficos, como de citação/literatura. Essas citações são cruzadas com disciplinas para incluir todas as tecnologias e citações,

incluindo citações de examinadores, inventores, oposições e terceiros, consentindo uma vista completa do cenário da patente, ao executar a pesquisa para o estado da técnica, verificando a liberdade para operar-se, oportunidades de licenciamento, ou a potencial violação de direitos.

2) Dados compartilhados com DWPI®: o DPCI compartilha o mesmo processo editorial que torna o DWPI® um recurso valioso. O DPCI usa os mesmos números de acesso que o DWPI®, o que significa que você pode levar registros encontrados ao pesquisar o banco de dados DWPI® e explorar suas citações de patentes e literatura. Os dados-chave, como títulos, resumos, números de publicação e nomes de cessionário e inventor, são padronizados, tornando a busca cruzada de DWPI e DPCI rápida e fácil. Os dados da família da patente de DWPI® são atualizados cada vez que os dados novos da citação estão disponíveis para a família.

APÊNDICE B - Indexadores do IPC & DWPI Manual Codes®, (primeira busca).

A Tabela B-1 revela os indexadores das classificações IPC, assinalados em **negrito**, em ordem hierárquica decrescente. Esses foram identificados a partir da busca inicial, onde se priorizou a exposição dos resultados de acordo com maior ocorrência (20 primeiros indexadores de maior ocorrência) no resultado da busca. Deste conjunto é que se escolheram os indexadores das classificações que deveriam constar da segunda busca.

Tabela B-1: Indexadores das classificações IPC atreladas ao primeiro evento de busca.

Indexador Classificação IPC	Nº Documentos
B	--
Operações de Processamento; Transporte	
B01	--
Processos ou Aparelhos Físicos ou Químicos em Geral	
B01D	--
Separação	
B01D 5/00	347
Condensação de vapores; Recuperação de solventes voláteis por condensação	
B01D 17/00	--
Separação de líquidos, não incluída em outro lugar, p. ex. por difusão térmica	
B01D 17/02	294
Separação de líquidos não miscíveis	
B09	--
Eliminação de Resíduos Sólidos; Recuperação de Solo Contaminado	
B09B	--
Eliminação de Resíduo Sólido	
B091B 3/00	440
Destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo	
C	--
Química; Metalurgia	
C02	--
Tratamento de Água, de Águas Residuais, de Esgotos ou de Lamas e Lodos	
C02F	--
Tratamento de Água, de Águas Residuais, de Esgotos ou de Lamas e Lodos	
C02F 1/00	--
Tratamento de água, águas residuais, ou de esgotos	
C02F 1/40	612
Dispositivos para separação ou remoção de substâncias graxas ou oleosas ou material flutuante similar	

C09 Corantes; Tintas; Polidores, Resinas Naturais Adesivos; Composições não abrangidos em outros locais; Aplicações de Materiais não abrangidos em outros locais	--
C09K Materiais para aplicações diversas, não incluídas em outro local; Aplicações de Materiais não incluídos em outro local.	--
C09K 8/00 Composições para perfuração de orifícios ou poços; Composições para o tratamento de orifícios ou poços, p. ex. para as operações de acabamento ou de reparação	--
C09K 8/58 Composições para métodos de otimização na recuperação de hidrocarbonetos, i.e. para melhorar a mobilidade do óleo, p. ex. fluidos de deslocamento	469
C09K 8/584 caracterizadas pelo uso de tensoativos específicos	1103
C09K 8/588 caracterizado pelo uso de polímeros específicos	759
C09K 8/60 Composições para estimular a produção por atuação sobre a formação subterrânea	287
C10 Corantes; Tintas; Polidores, Resinas Naturais Adesivos; Composições não abrangidos em outros locais; Aplicações de Materiais não abrangidos em outros locais	--
C10G Craqueamento de óleos hidrocarbonetos; produção de misturas hidrocarbonetos líquidos, p. ex. por hidrogenação destrutiva, oligomerização, polimerização. Recuperação de óleos hidrocarbonetos de óleo de xisto, areia oleaginosa ou gases; refino de misturas principalmente consistindo de hidrocarboneto; reforma de nafta; ceras minerais.	--
C10G 1/00 Produção de misturas líquidas de hidrocarboneto a partir de xisto betuminoso, de arenitos oleíferos, ou de matérias carbonáceas sólidas não fusíveis ou similares, p. ex. madeira, carvão.	391
C10G 1/04 por extração	372

E Construções Fixas	--
E02 Engenharia Hidráulica; Fundações; Terraplenagem	--
E02B Engenharia Hidráulica	--
E02B 15/00 Limpeza ou conservação de superfície de águas a céu aberto; Dispositivos para esse fim	--
E02B 15/04 Dispositivos para limpeza ou conservação de superfície de águas a céu aberto, de óleos ou materiais flutuantes similares através da separação ou remoção de tais materiais	371

E21 Perfuração Do Solo; Mineração	--
E21B Perfuração Do Solo Ou Rocha; Obtenção De Óleo, Gás, Água, Materiais Solúveis Ou Fundíveis Ou Uma Lama De Minerais De Poços	--
E21B 43/00 Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços	627
E21B 43/12 Métodos ou aparelhos para controlar o fluxo do fluido obtido para ou em poços (E21B 43/25 tem prioridade; disposições de válvulas)	278
E21B 43/16 Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos	1232
E21B 43/20 Deslocamento Pela Água	784
E21B 43/22 Emprego De Produtos Químicos Ou De Atividade Bacteriana	1181
E21B 43/24 Usando calor, p. Ex. Injeção de vapor (de água)	1568
E21B 43/25 Métodos Para Estimular A Produção	--
E21B 43/26 pela formação de fendas ou de fraturas	378
E21B 43/30 Distribuição específica de poços, p. ex. espaçamento do escapamento de poços (estações satélites de produção)	368

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

A Tabela B-2 revela os indexadores das classificações *DWPI Manual Codes®*, assinalados em **negrito**, em ordem hierárquica decrescente. Esses foram identificados a partir da busca inicial, onde se priorizou a exposição dos resultados de acordo com maior ocorrência (20 primeiros indexadores de maior ocorrência) no resultado da busca. Deste conjunto é que se escolheram os indexadores das classificações que deveriam constar da segunda busca.

Tabela B-2: Indexadores das classificações *DWPI Manual Codes®* atrelados à primeira busca.

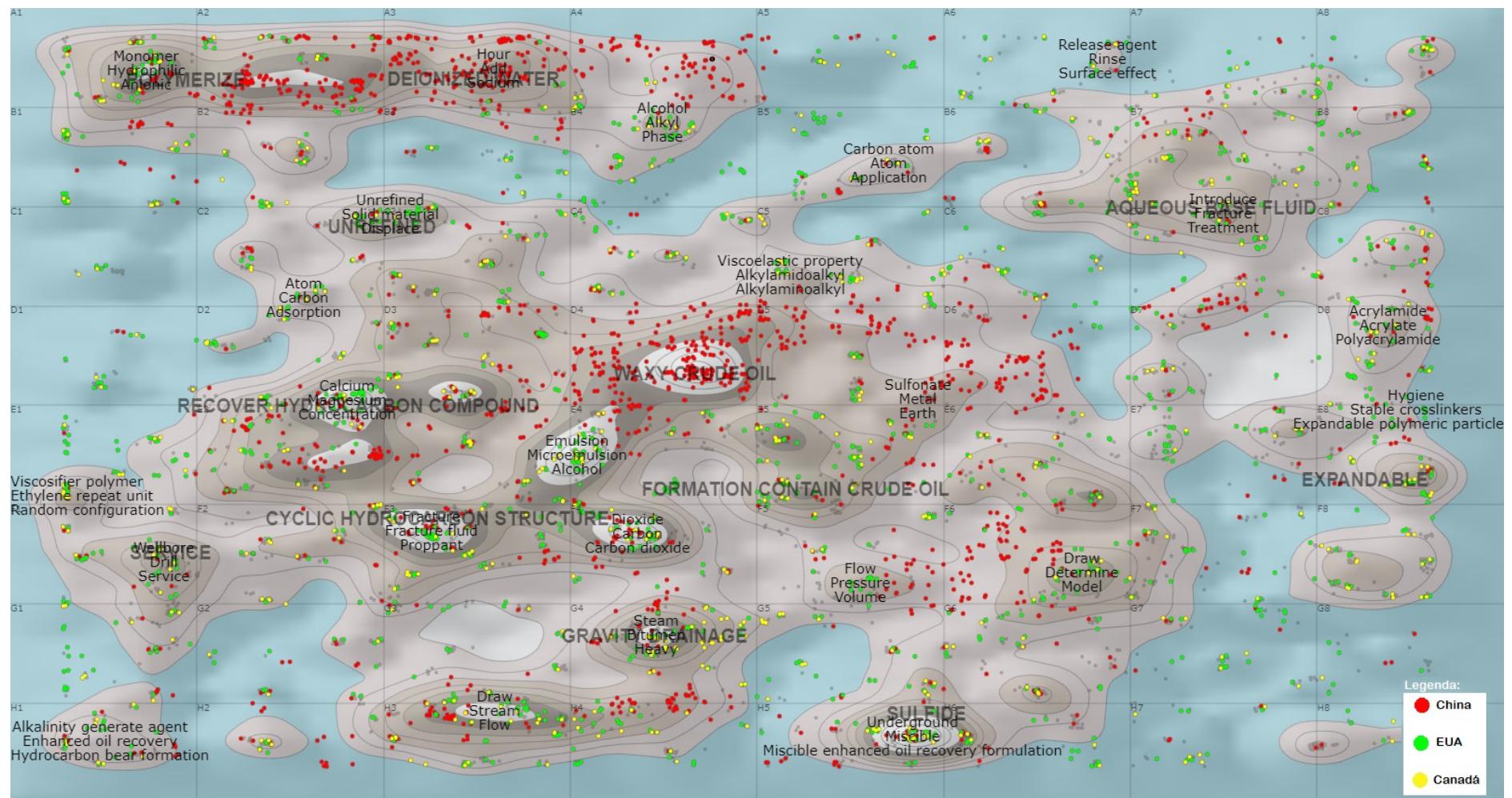
Indexador Classificação <i>DWPI Manual Codes®</i>	Nº Documentos
A POLYMERS; PLASTICS	--
A12 Polymer applications	--
A12-W Other Applications	--
A12-W10 Mining, Oil Wells	1030
A12-W10B Well stimulation, flooding, Recovery, fracturing	1786
D FOOD, FERMENTATION, DISINFECTANTS, DETERGENTS	--
D04 Treating Water, Waste Water and Sewage	--
D04-A Treatment Of The Water	--
D04-A01 Purification general	765
D04-B Impurity Removal From Water	--
D04-B03 Removal of mineral oil, hydrocarbons, coal slurry	1186
E GENERAL CHEMICALS	--
E11 Processes, Apparatus	--
E11-Q Separation, removal, analysis - General	--
E11-Q01 Separation, extraction, recovery, purification	--
E11-Q01B Purification by physical means	753

H PETROLEUM	--
H01 Crude Oil and Natural Gas	--
H01-B Drilling	--
H01-B03 Rotary drilling	--
H01-B03B Well control equipment	--
H01-B03B3 Valves and control equipment	692
H01-B03D Transmission/generation of power, data etc	770
H01-C03 Fracturing; Fracking	873
H01-D Producing	1734
H01-D03 Pumps	1056
H01-D06 Water flooding, general	2480
H01-D06B Steam flooding	818
H01-D06D Polymer flooding	871
H01-D08 Thermal methods	1442
H01-D09 Chemical methods	993
H01-D12 Testing, control operations and equipment, general	1077
H04 Petroleum Processing	--
H04-E Other Processes	692

Q49 Mining	--
Q49-A Mining and quarrying equipment	2289
Q49-H Maintenance equipment; equipment and methods for removing tools from mines, boreholes or wells	565
Q49-V Material being mined or quarried	--
Q49-V35 Fluids; Slurry	2108

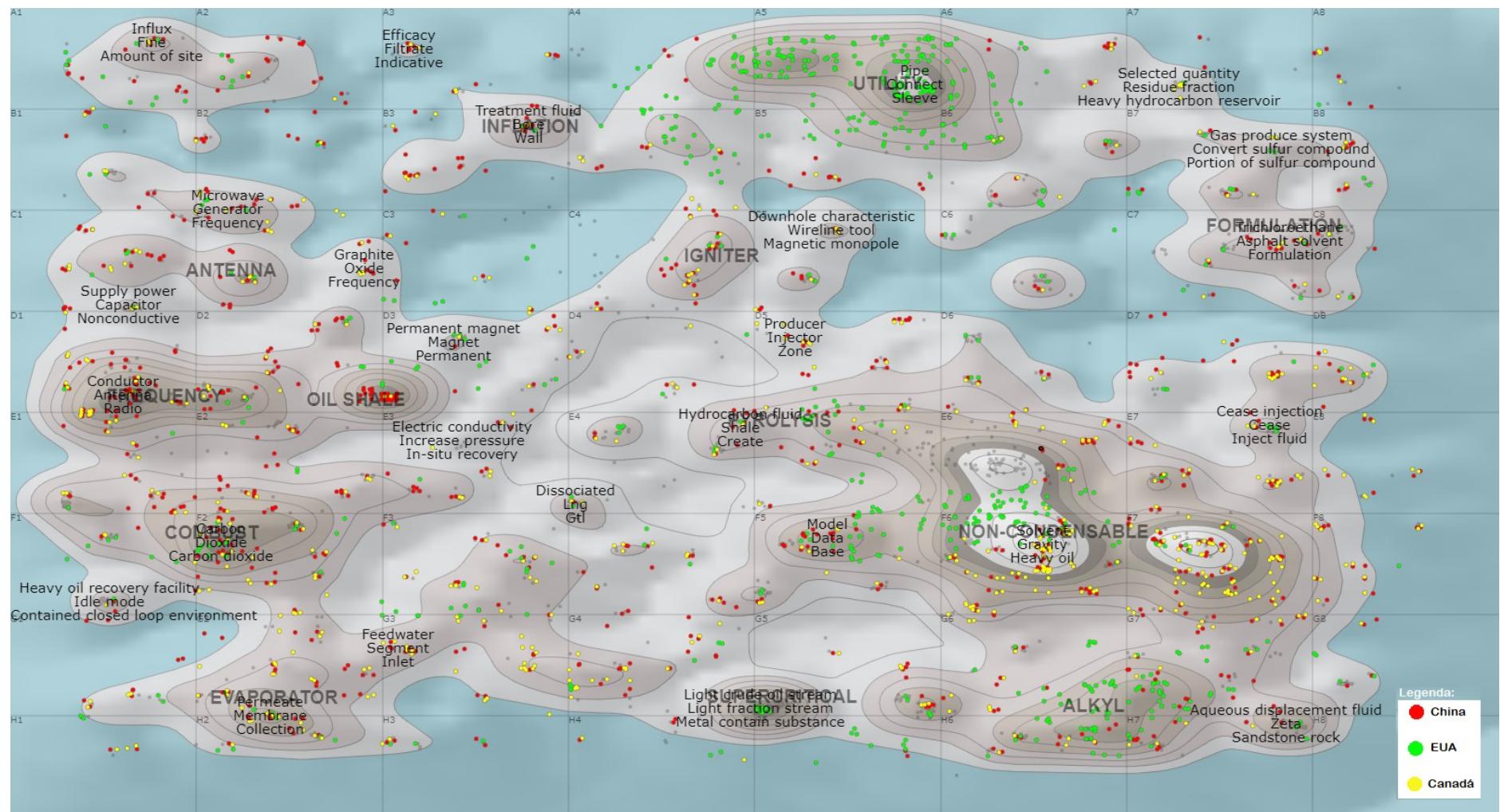
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da plataforma DI.

APÊNDICE C - Concentração gráfica de depósitos de patentes em CEOR (3 primeiros).



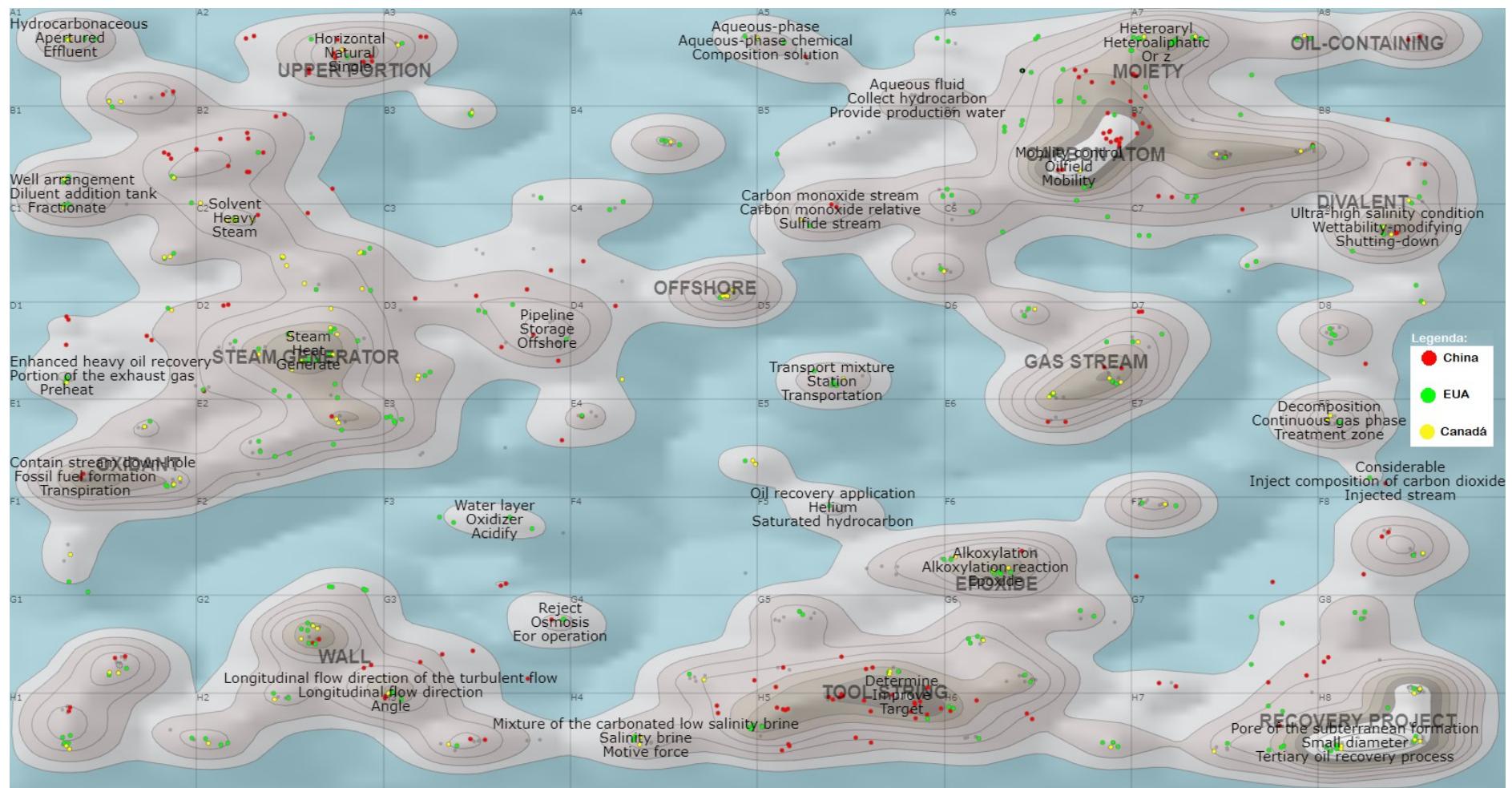
Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

APÊNDICE D - Concentração gráfica de depósitos de patentes em TEOR (3 primeiros)



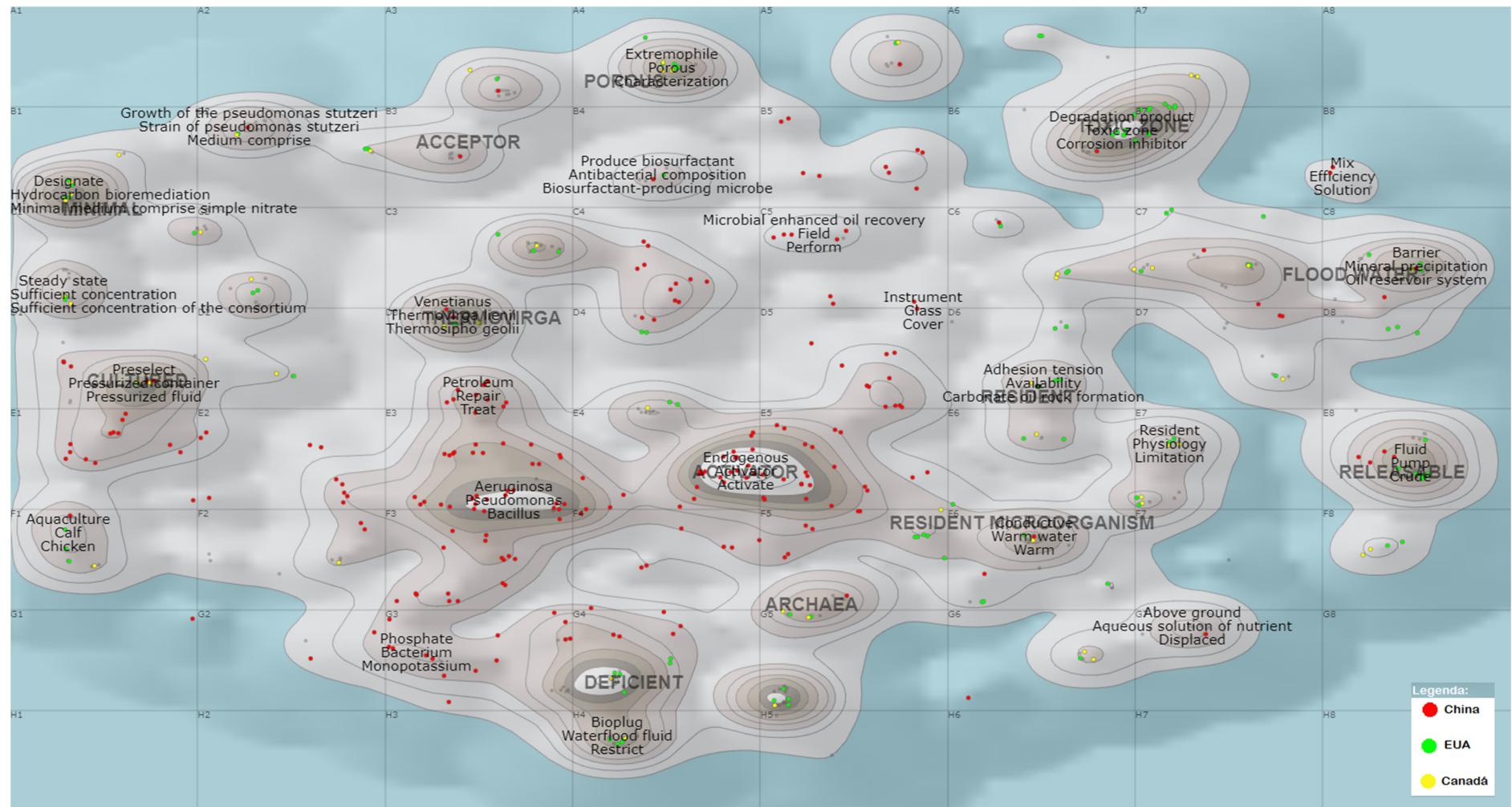
Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

APÊNDICE E - Concentração gráfica de depósitos de patentes em CO2-EOR (3 primeiros)



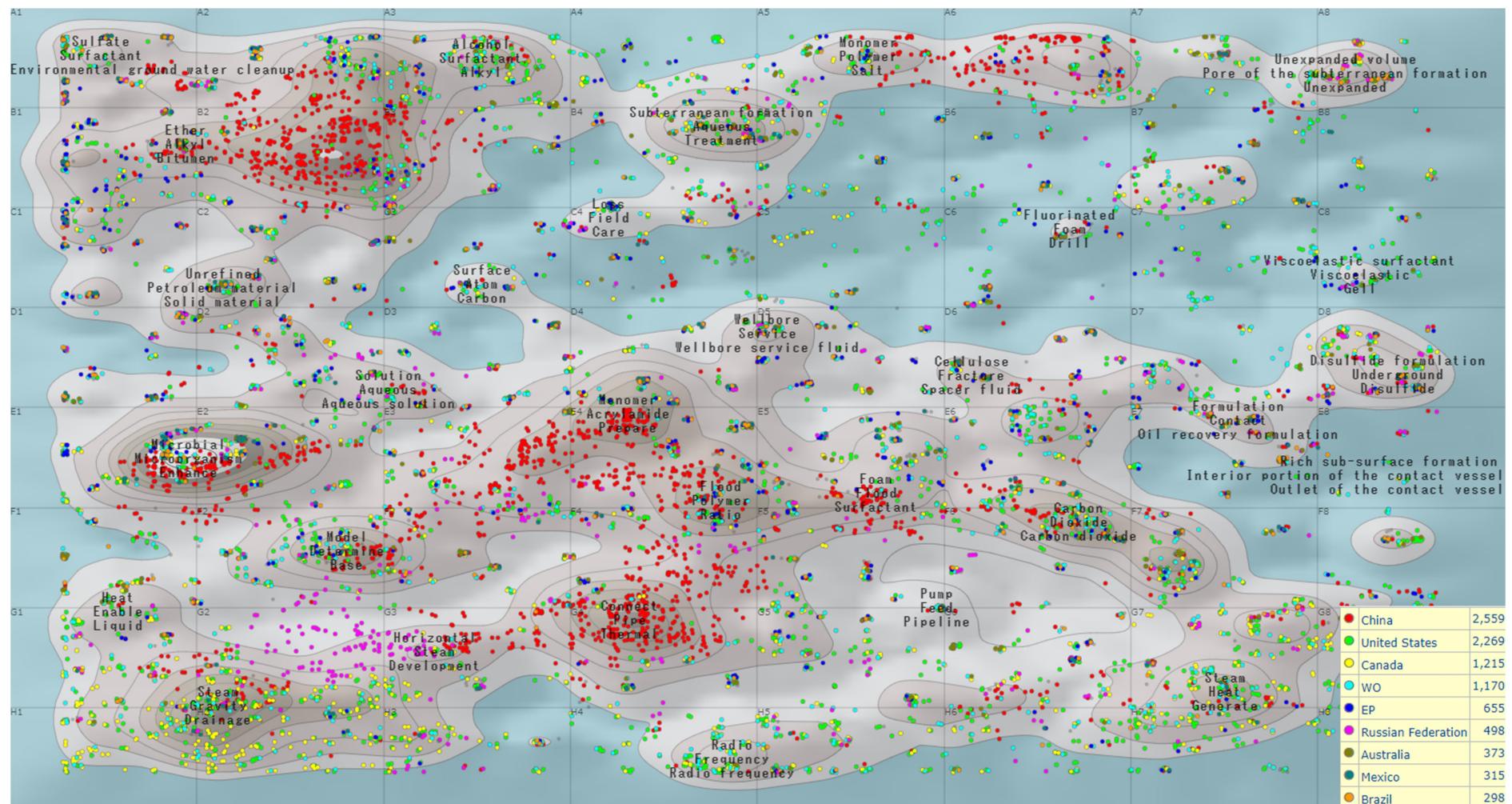
Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

APÊNDICE F - Concentração gráfica de depósitos de patentes em MEOR (3 primeiros)



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.

APÊNDICE G - Concentração gráfica de depósitos de patentes em EOR 2005-2019 (principais países de depósito)



Fonte: Elaboração própria a partir da plataforma DI.