



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
ENGENHARIA DE ENERGIAS**

GUILHERME GEREMIAS PRATA

**ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE PETRÓLEO E DERIVADOS
NO BRASIL**

REDENÇÃO - CE

2021

GUILHERME GEREMIAS PRATA

**ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE PETRÓLEO E DERIVADOS
NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientadora: Profa. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima.

REDENÇÃO - CE

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Prata, Guilherme Geremias.

P924a

Armazenamento e transporte de petróleo e derivados no Brasil /
Guilherme Geremias Prata. - Redenção, 2021.
77f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,
2021.

Orientador: Profa. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima.

1. Petróleo. 2. Indústria petrolífera. 3. Logística. I.
Título

CE/UF/BSP

CDD 338.2728

GUILHERME GEREMIAS PRATA

**ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE PETRÓLEO E DERIVADOS
NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Energias na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima (Orientadora)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Profª. Dra. Artemis Pessoa Guimarães
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Me. Ana Kátia de Sousa Braz
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

À Deus...

Aos meus pais: Adelino Prata e Sabina Verónica.

Aos meus irmãos: Gerusa, Telmo, Helena e Luís.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força e coragem de chegar até aqui, pois não foram momentos fáceis.

Agradeço de coração aos meus pais que sempre me incentivaram, me ajudaram e acreditaram em mim. Aos meus irmãos que, com o jeitinho deles, de certa forma me incentivaram também.

Agradeço a minha tia Luísa Betânia Binga dos Santos Prata e aos meus padrinhos Manuel Miguel da Silva e Francisca da Silva que apesar da distância nunca me desampararam, e a minha família em geral.

À minha orientadora professora Dr^a. Rita Karolinny Chaves de Lima, pela paciência e ensinamentos durante o período de graduação, em especial pelo tempo destinado a me orientar.

Aos meus irmãos de curso, pelas conversas em grupos de aplicativos e as presenciais que foram fundamentais a todos nós nos momentos difíceis e felizes também, obrigada pela troca de experiência. Em especial agradeço ao Alexandre Kassino Dias, Iliderico de Pina (Riko), Emylia Karolyne, Ivanize Caetano, José Nilson da Costa, Marcelo Amaral, Munyaradzi Brian Júnior, Ricardo Fernandes, Lana Carla, Nicolas, Isaias Lopes Djú, Paulino José Lopes, Ferreira Manuel Timóteo, Júlio Maza e ao meu eterno mano João Pascoal da Silva Ferreira (Que Deus o tenha) e em especial a toda comunidade Angolana residente em Redenção – CE pelas conversas e apoios fundamentais.

A minha eterna namorada por estar sempre presente ao meu lado em toda esta etapa e por me incentivar a continuar em busca do meu sonho. Sem sua ajuda nada disso teria sido possível. Te Amo.

Sem esquecer a mãe Unilab por me ter aberto as suas portas e a todos que de certa forma estiveram presentes nesses 8 anos de luta.

Muito obrigada a todos.

“A inteligência é o que você usa quando não sabe o que fazer”.

Jean Piaget

RESUMO

Também denominado de óleo cru, o petróleo é um recurso mineral não renovável, que pode ser encontrado em muitos lugares da Terra. Sua origem, segundo a teoria mais aceita e difundida na comunidade científica e na sociedade em geral, está associada à decomposição de matéria orgânica, de natureza residual (animal e/ou vegetal), soterrada ao longo de milhões de anos, sob ação de temperatura e pressão. Atualmente, trata-se da fonte energética de maior relevância e demanda a nível mundial, permanecendo com esse status desde o início da Idade Contemporânea - apesar dos esforços empreendidos nas últimas décadas para diminuir seu consumo, frente as perspectivas de esgotamento, impactos ambientais potenciais e grande dependência global. Visto que o petróleo ocorre e se acumula em reservatórios naturais, localizados tanto em terra como no mar e em profundidades variadas do subsolo, para que o mesmo seja de lá extraído e chegue ao consumidor final na forma de derivados comerciais, um longo trajeto deve ser percorrido. Nesse sentido, a cadeia produtiva do petróleo, tal como a do gás natural, depende de uma série de etapas que envolvem, atividades de exploração e produção de um campo, armazenamento, transporte e refino do óleo cru produzido e transporte, armazenamento e distribuição de derivados. Diante de um contexto logístico de importância estratégica, o presente trabalho teve como intuito principal levantar e descrever aspectos relevantes das atividades de armazenamento e transporte realizadas no âmbito do fluxo da cadeia produtiva do petróleo no Brasil, com ênfase nas operações envolvendo cargas líquidas. Além disso, foram coletados dados referentes a dinâmica dessas atividades no país, considerando um recorte temporal de doze anos (2009 - 2020). Para fins de pesquisa, foram consultados diversos documentos e artigos da literatura, assim como relatórios de órgãos públicos e privados, nacionais e internacionais. Como resultado final do estudo tem-se um breve panorama atual do cenário nacional da indústria petrolífera, com foco na estocagem e movimentação de petróleo e derivados líquidos.

Palavras-chave: logística; indústria do petróleo; cargas líquidas.

ABSTRACT

Also called crude oil, petroleum is a non-renewable mineral resource that can be found in many places on Earth. Its origin, according to the most accepted and widespread theory in the scientific community and society in general, is associated with the decomposition of organic matter, of a residual nature (animal and/or vegetable), buried over millions of years, under the action of temperature and pressure. Currently, it is the energy source of greatest relevance and demand worldwide, remaining with this status since the beginning of the Contemporary Age - despite the efforts made in recent decades to reduce its consumption, given the prospects of depletion, potential environmental impacts and great global dependence. Since oil occurs and accumulates in natural reservoirs, both on land and at sea and in varying depths of the subsoil, for it to be extracted from there and reach the final consumer in the form of a commercial derivative, a long path must be traveled. In this sense, an oil production chain, like that of natural gas, depends on a series of phases that involve exploration and production activities in a field, storage, transport and refining of the crude oil produced and the transport, storage and distribution of derivatives. Faced with a logistical context of strategic importance, the main purpose of this work was to raise and describe relevant aspects of the storage and transport activities carried out in the scope of the flow of the oil production chain in Brazil, with an emphasis on operations involving liquid cargoes. In addition, data regarding the dynamics of these activities in the country were collected, considering a twelve years time frame (2009 - 2020). For study purposes, several literature documents and articles were consulted, as well as reports from public and private agencies, national and international. As a final result of the study, there is a brief overview of the national scenario of the oil industry, with a focus on the storage and movement of oil and liquid liquids.

Keywords: logisticst; oil industry; liquid cargoes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Composição do petróleo.....	19
Figura 2 –	Fatos históricos da indústria do petróleo no mundo.....	20
Figura 3 –	Fatos relevantes da história do petróleo no Brasil.....	24
Figura 4 –	Cadeia produtiva do petróleo e seus derivados.....	32
Figura 5 –	Torre de destilação para o fracionamento do petróleo.....	36
Figura 6 –	Unidades de refino e processamento de gás no Brasil em 2019.....	38
Figura 7 –	Esquema de um tanque de armazenamento.....	41
Figura 8 –	Tanque cilíndrico vertical de teto fixo cônico.....	42
Figura 9 –	Tanque cilíndrico vertical de teto fixo curvo.....	43
Figura 10 –	Tanque cilíndrico vertical de teto fixo em gomo.....	43
Figura 11 –	Tanque cilíndrico de teto móvel.....	44
Figura 12 –	Tanque cilíndrico com diagrama flexível.....	45
Figura 13 –	Tanque de teto flutuante.....	46
Figura 14 –	Incêndio no polo industrial da Alemoa em Santos.....	48
Figura 15 –	Impactos ocasionados pelo incêndio.....	49
Figura 16 –	Sequência de passos adotados no desenvolvimento do trabalho.....	55
Figura 17 –	Armazenamento de petróleo, seus derivados e etanol nos terminais de 2009 a 2020.....	57
Figura 18 –	Armazenamento de GLP nos terminais no período de 2009 a 2020.....	57
Figura 19 –	Armazenamento de petróleo, derivados e etanol nas refinarias de 2009 a 2020.....	60
Figura 20 –	Porcentagem de armazenamento do petróleo nas refinarias de cada estado no período de 2009 a 2020.....	60
Figura 21 –	Porcentagem de armazenamento dos derivados nas refinarias de cada estado no período de 2009 a 2020.....	61
Figura 22 –	Armazenamento de derivados do petróleo e etanol nas distribuidoras no período de 2009 a 2020.....	62
Figura 23 –	Armazenamento de GLP nas distribuidoras no período de 2009 a 2020	64
Figura 24 –	Derivados do petróleo e álcool transportados em ferroviários no Brasil entre os anos de 2009 a 2020.....	66
Figura 25 –	Dados de transporte e derivados no modal aquático.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição elementar média do petróleo.....	18
Tabela 2 –	As maiores reservas provadas de petróleo no mundo em 2020.....	28
Tabela 3 –	Os dez maiores produtores de petróleo no mundo em 2020.....	29
Tabela 4 –	Maiores consumidores de petróleo em 2020.....	31
Tabela 5 –	Quantidade de extensão de dutos em operação por funções.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Frações típicas do petróleo.....	37
Quadro 2 –	Recomendações dos tipos usuais de tanques.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANF	Agência de Notícias Francesas
BA	Bahia
BCG	Boston Consulting Group
BDEP	Banco de Dados de Exploração e Produção da ANP
BOP	Blowout Preventer
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBIE	Centro Brasileiro de Infraestrutura
CEI	Comunidade dos Estados Independentes
CEL	Centro de Estudos em Logística
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPEAD	Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNP	Conselho Nacional do Petróleo
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPL	Empresa de Pesquisa Logística
EUA	Estados Unidos da América
EFPO	Estrada de Ferro Paraná Oeste
FCC	Craqueamento Catalítico em Leito Fluidizado
FCA	Ferrovária Centro Atlântica
FNSTN	Ferrovia Norte Sul
FTC	Ferrovia Tereza Cristina
FTL	Ferrovia Transnordestina Logística
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás
IEA	International Energy Agency
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MME	Ministério de Minas e Energia
MRS	Malha Ferrovia e Frota
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
RPBC	Refinaria presidente Bernardes
REDUC	Refinaria Duque de Caxias
RLAM	Refinaria Alberto Landulpho Alves
REFAP	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
REGAP	Refinaria Gabriel Passos

RNEST	Refinaria Abreu Lima
RMO	Rumo Malha Oeste
RMP	Rumo Malha Paulista
RMS	Região Metropolitana de Salvador
LUBNOR	Refinaria Lubrificantes e derivados do Nordeste
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PIW	Petroleum Intelligence Weekly
PPSA	Empresa Brasileira de Administração de Petróleo e Gás Natural S.A. - Pré-Sal Petróleo S.A.
PROÁLCOOL	Programa Brasileiro de Álcool
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SP	São Paulo
TRANSPETRO	Petrobras Transporte S.A.
TRRs	Transportadores-Revendedores-Retalhistas
WTI	West Texas Intermediate

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	155
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	Origem, Composição e Importância Energética do Petróleo.....	18
2.2	História do Petróleo.....	20
2.3	Maiores Reservas, Produtores e Consumidores de Petróleo no Mundo.....	27
2.4	Cadeia Produtiva do Petróleo.....	31
2.4.1	Exploração e Produção do Petróleo.....	33
2.4.2	Refino do Petróleo.....	35
2.4.3	Distribuição e Comercialização de Derivados Líquidos.....	39
2.5	Armazenamento de Petróleo e Derivados.....	40
2.5.1	Tanques de Armazenamento.....	41
2.5.2	Tanques de Teto Fixo.....	42
2.5.3	Tanques de Teto Móvel.....	43
2.5.4	Tanques de Teto com Diafragma Flexível.....	44
2.5.5	Tanques de Teto Flutuante.....	45
2.5.6	Bacias de Contenção.....	49
2.6	Transporte de Petróleo e seus Derivados.....	50
3	METODOLOGIA.....	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1	Dados de Armazenamento nos Terminais.....	56
4.2	Dados de Armazenamento nas Refinarias.....	59
4.3	Dados de Armazenamento nas Distribuidoras.....	61
4.4	Dados de Transporte.....	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A humanidade utiliza a energia em diferentes formas desde a era remota, a exemplo do fogo para o cozimento de alimentos. Ao longo dos tempos, novas fontes de energia foram sendo descobertas à medida que se dava a evolução dos povos e crescia a demanda energética. Foi a partir do século XVIII, com o uso do carvão mineral nas máquinas a vapor (peça chave na Revolução Industrial), que o grande interesse por combustíveis fósseis no mundo se iniciou (PEREIRA, 2019). Esses recursos naturais, não renováveis, têm origem na decomposição de organismos mortos soterrados há milhões de anos atrás e incluem, além do carvão, o petróleo e o gás natural (BORSATO; GALÃO; MOREIRA, 2007).

A partir do final do século XIX e começo do século XX, com o advento dos motores de combustão interna, o petróleo passou a ser a fonte de energia primária mais relevante do planeta, devendo assim permanecer pelo menos até o ano de 2035, quando se projeta um ganho de força na transição energética mundial, que prioriza o uso de fontes renováveis e mais limpas de energia (EPE, 2020; JORNAL DO BRASIL, 2020, ANP, 2012). Mesmo diante da transição, o petróleo ainda fará parte do cenário energético, de modo a garantir a segurança no atendimento da demanda mundial de energia, especialmente frente às intempéries da natureza (CHAVES, 2019). Além disso, será preciso suprir as necessidades das indústrias, fornecendo os insumos petroquímicos utilizados como matéria-prima na fabricação de vários produtos de uso cotidiano na sociedade moderna (VIANA, 2020).

Do ponto de vista químico, o petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos encontrada na natureza no estado líquido e que inclui compostos de enxofre, nitrogênio, oxigênio e alguns metais como contaminantes. Suas acumulações se encontram em estruturas geológicas denominadas reservatórios, localizadas no subsolo terrestre e marítimo, em profundidades variadas (FARIAS, 2008). Para que o petróleo seja extraído dos reservatórios e depois chegue ao consumidor final na forma de derivados comerciais especificados para cada tipo de aplicação, muitas atividades, integradas em sua cadeia produtiva, precisam ser efetuadas, incluindo exploração, produção, refino, armazenamento, transporte e distribuição (PIQUET, 2010). Cada etapa da cadeia deve ser criteriosamente executada de acordo com suas particularidades, mas sem perder de vista o fluxo global, uma vez que as atividades dependem uma das outras e afetam o resultado final como um todo.

Deve-se ressaltar que a partir do refino do petróleo são obtidos gasolina e diesel, combustíveis que hoje abastecem e fazem funcionar a maior parte dos veículos no mundo todo (estima-se que, até 2030, 7% da frota mundial seja de carros elétricos) e podem também ser utilizados nas usinas termoelétricas para geração de energia elétrica (IEA, 2021; MACHADO, 2021). Além disso, o refino do petróleo fornece vários outros derivados de grande demanda e de valor agregado, tais como GLP (gás liquefeito do petróleo), naftas, parafina, produtos asfálticos, lubrificantes, querosene e solventes (FARAH, 2013).

Para que as atividades da cadeia produtiva do petróleo ocorram de forma fluida e eficiente, com riscos e custos reduzidos, é necessário contar com suporte logístico adequado, que proverá planejamento estratégico, profissionais treinados e tecnologias que entregam alto padrão de desempenho. Nesse cenário, a logística do petróleo ocupa um lugar de grande importância, especialmente no ciclo que vai desde a aquisição e estocagem de materiais até a entrega de produtos prontos para o consumidor. Deve-se observar que, em se tratando do mercado petrolífero, as atividades de armazenamento e transporte se referem tanto ao petróleo bruto como aos derivados (OLIVEIRA, 2009).

Assim como ocorre em outros setores, a gestão de estoque é um ponto de máxima atenção na indústria petrolífera, já que o petróleo tem demanda variável, portanto, difícil de ser calculada. Quando a procura fica acima do previsto, e a capacidade de armazenamento da infraestrutura disponível não é suficiente para atender as necessidades vigentes, é preciso fazer uso de instalações externas de parceiros, o que onera muito os custos. Os derivados, por sua vez, são considerados de mínimo risco de obsolescência e têm demanda estável (CARDOSO, 2004).

A gestão de transporte logístico é igualmente complexa, a começar pelo fato de tratar-se de movimentação de cargas perigosas, o que exige uma série de cuidados específicos relativos à segurança e qualidade dos produtos, bem como de prevenção de danos aos profissionais que realizam o transporte. Somado a isso, há o desafio de suprir com eficiência todos os clientes, que no Brasil estão espalhados em um território de dimensões continentais. Para conseguir atender as regiões mais afastadas dos grandes centros é necessário dispor de uma rede logística moderna e funcional, que faça intenso uso das tecnologias de informação e de sistemas integrados. A segurança e as características da carga é que definem o modo de transporte, é na escolha do modal mais adequado (que pode ser rodoviário, ferroviário, hidroviário ou dutoviário) que a logística do petróleo se diferencia, em particular, da logística geral convencional (DONATO, 2012).

É nessa conjuntura que no presente trabalho são apresentadas informações gerais que fundamentam a temática petrolífera nacional, situando-a no momento atual (2021), em termos de número de reservas, produção e consumo. Diante da relevância do contexto logístico, teve-se como objetivo maior levantar e descrever aspectos importantes relacionados às atividades de armazenamento e transporte realizadas no âmbito do fluxo da cadeia produtiva do petróleo e seus derivados no Brasil, com ênfase nas operações envolvendo cargas líquidas. Além disso, buscou-se coletar e compilar, na forma de gráficos, dados quantitativos representativos da dinâmica dessas atividades no país, considerando um recorte temporal de doze anos (2009 - 2020).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem, Composição e Importância Energética do Petróleo

Segundo Schiavi (2016), a palavra "petróleo" vem do latim *petroleum* - *petrus* (pedra) e *oleum* (óleo) - e denomina um recurso mineral não renovável, cuja origem mais difundida é associada à decomposição, ao longo de milhões de anos e sob ação de temperatura e pressão, de matéria orgânica residual, proveniente de restos de animais e plantas, que foram remotamente depositados no fundo de lagos/mares e soterrados pelos movimentos da crosta terrestre (THOMAS, 2004).

Também conhecido como óleo cru, o petróleo é um combustível fóssil que pode ser encontrado em muitos lugares do planeta, predominantemente em regiões cujo subsolo é constituído por extensas bacias sedimentares, localizadas tanto em terra (*onshore*) como no mar (*offshore*). Os altos valores de porosidade e permeabilidade, que geralmente são característicos das rochas sedimentares, oferecem parte importante dos requisitos necessários para que o petróleo seja gerado na rocha mãe, migre por rochas adjacentes e seja, por fim, acumulado na estrutura geológica chamada reservatório - formado pelo conjunto rocha reservatório e rocha selante (ROSA; CARVALHO; XAVIER, 2006).

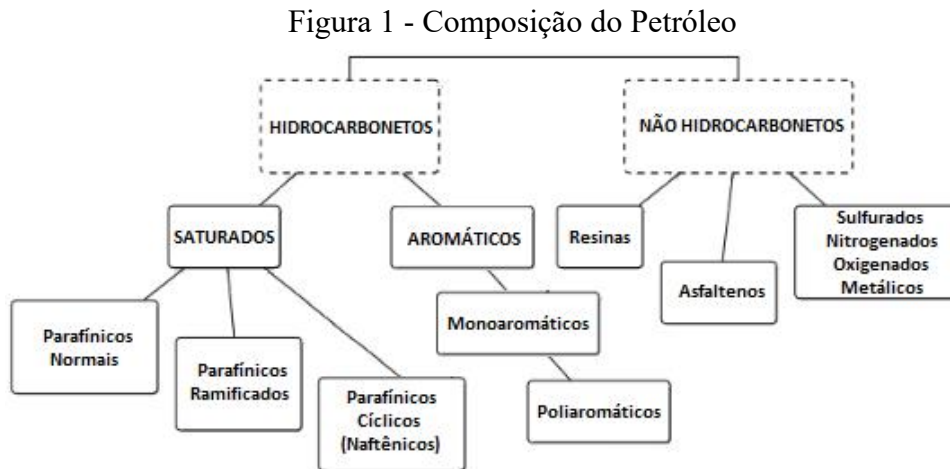
No que se refere a composição química, o petróleo é constituído por uma mistura de diversos hidrocarbonetos, que têm complexidade e tamanho variados de cadeias e que, nas condições normais de temperatura e pressão, podem existir nos estados sólido, líquido ou gasoso. Compostos de enxofre, nitrogênio, oxigênio e de alguns metais também estão presentes, mas na condição de contaminantes (FARAH, 2013). A composição elementar média de um típico óleo cru é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição elementar média do petróleo

Elementos	Porcentagem mássica (%)
Carbono	83 a 87
Hidrogênio	11 a 14
Enxofre	0,06 a 8
Nitrogênio	0,11 a 1,7
Oxigênio	0,5
Metais (Fe, Ni, V, etc.)	0,3

Fonte: Farah (2013).

Os tipos de compostos presentes na composição do petróleo estão esquematizados em grupos na Figura 1.



Fonte: adaptada de Ferreira (2018).

Com papel fundamental no desenvolvimento da sociedade moderna e da economia mundial (SENA, 2016), o petróleo tornou-se, e permanece na atualidade, a fonte de energia mais relevante do planeta. Seu pleno aproveitamento se dá a partir do beneficiamento que ocorre nas refinarias, onde são produzidos vários derivados de grande demanda comercial - entre os quais se destacam os combustíveis automotivos (gasolina e diesel), próprios para o uso em veículos dotados com motores de combustão interna (BOAMAR, 2010).

Em todo o mundo, as várias aplicações energéticas do petróleo também incluem a combustão direta de derivados, como o óleo combustível, para geração de eletricidade em usinas termoelétricas (SILVA, 2020; CBIE, 2020). Por outro lado, em muitos países da África Subsariana, como Quênia, Uganda, Angola e Guiné-Bissau, nos quais o acesso à energia elétrica é escasso, o petróleo (na forma de querosene) é muito utilizado para prover iluminação básica à residências, especialmente nas zonas rurais (BENSCH; PETERS; SIEVERT, 2017; LAM, 2014).

Vale ressaltar também o intenso uso de petroquímicos (eteno, propeno, aromáticos, etc.) como fonte de matéria-prima para obtenção de diversos produtos que garantem as comodidades da vida contemporânea, tais como borrachas, plásticos, sabões, detergentes, medicamentos, tintas e fertilizantes (EPE, 2018; MACHADO, 2012). Segundo a *International Energy Agency* - IEA (2018), vive-se em um mundo dependente de petroquímicos - 14% de todo o petróleo produzido mundialmente se destina a manufatura de petroquímicos, percentual que tende a crescer nos próximos anos. Viana (2020) destaca que fatores como o

progresso da economia, aumento da população e avanços no desenvolvimento tecnológico estimulam o consumo cada vez maior de petroquímicos, devendo estes responder por mais de um terço do crescimento da demanda global de petróleo até 2030 e quase metade até 2050.

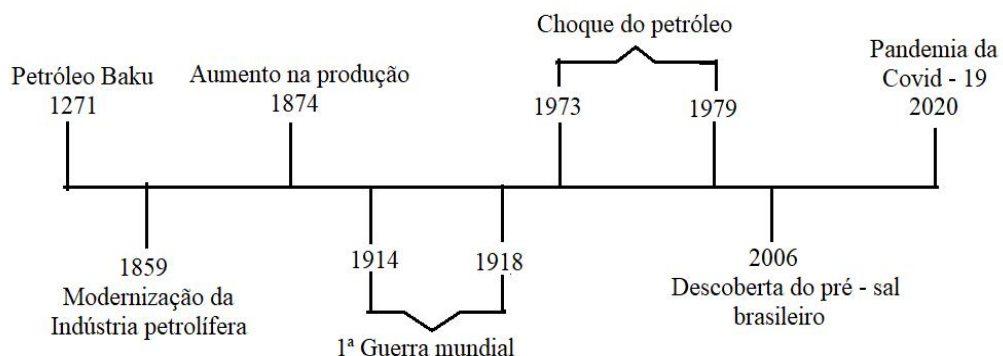
2.2 História do Petróleo

Estudos arqueológicos mostram que o petróleo está presente na vida das civilizações humanas desde as eras primordiais (SOUZA, 1997). Nos tempos mais antigos, suas possíveis aplicações incluíam o embalsamento de corpos, a impermeabilização e calefação de embarcações, o assentamento de tijolos em construções e a pavimentação de estradas, além de usos bélicos (CARDOSO, 2005).

Há relatos de que o petróleo foi utilizado como aglutinante na construção dos jardins suspensos da Babilônia, assim como nas pirâmides do Egito. Registros também indicam a pavimentação de estradas do Império Inca e uso para fins de iluminação e aquecimento na China, já antes de 1.000 a.C (FARIAS, 2008). Além disso, é difundido na literatura que gregos e romanos atacavam muralhas inimigas com lanças impregnadas de betume - estratégia que também foi utilizada pelos árabes, após a queda do Império Romano (GONÇALVES, 2010; QUEIROZ, 2009; THOMAS, 2004).

A história do petróleo se inicia, assim, a partir da Idade Antiga e, segundo Quintas e Quintans (2009), acompanha desde então a crescente demanda energética global, passando pela Revolução Industrial, pelas invenções do século XIX e pelo período das grandes guerras, até chegar ao século XXI. Na Figura 2 são listados em sequência alguns dos fatos mais importantes que marcaram o início e a evolução da indústria do petróleo, a nível mundial, ao longo das Idades Média, Moderna e Contemporânea.

Figura 2 - Fatos históricos da indústria do petróleo no mundo



Fonte: adaptada de Schiavi (2016).

Conforme mostrado na Figura 2, na cronologia da história da indústria do petróleo vale destacar inicialmente o ano de 1271, quando, segundo relatos do explorador veneziano Marco Paulo, em Baku, na Pérsia medieval (atual Azerbaijão), já existia a produção de petróleo em escala comercial, considerando os padrões da época (UCHÔA, 2014; MIR-BABAYEV, 2012; FARIAS, 2008).

O princípio da indústria moderna do petróleo, no entanto, só aconteceu de fato na Idade Contemporânea, em meados do século XIX. Data de 1846 o registro do primeiro poço moderno de petróleo, que foi perfurado no Azerbaijão - país que permaneceu, até o final do século XIX, entre os maiores produtores do mundo. Quatro anos depois, o escocês James Young impulsionou o interesse pela produção comercial do petróleo com o desenvolvimento dos primeiros processos de refinação (SCHIAVI; HOFFMANN, 2015).

No ano de 1859 foram iniciadas as atividades de exploração e produção comercial nos Estados Unidos da América - EUA. A descoberta do primeiro poço produtor perfurado com êxito na Pensilvânia, pelo americano Edwin Laurentine Drake, é considerada por muitos historiadores o ponto de partida da era moderna do petróleo. Quinze anos depois, em 1874, os estadunidenses já assistiram a produção de seu país se tornar de larga escala, alcançando a marca de dez milhões de barris, contra os 2 mil produzidos em 1859 (SHAH, 2007; THOMAS, 2004). Em pouco mais de uma década, no ano de 1870, sob o comando de John Davison Rockefeller e mais quatro sócios, foi criada a *Standard Oil Company*, que viria a se tornar a maior empresa de petróleo do mundo, até ser extinta em 1911 por intervenção do governo dos EUA, dada a constatação de práticas monopolistas (PALMA, 2011).

De acordo com Ronchi *et al.* (2015), na passagem do século XIX para o XX, o interesse pela indústria petrolífera se intensificou mais ainda no mundo todo. Os autores apontam que foi com a disseminação do motor a combustão interna e seu posterior uso militar que o petróleo ganhou o status de suprimento de máxima importância estratégica. Na ocasião da primeira guerra mundial, que ocorreu no período de 1914 a 1918, o petróleo possibilitou que novas tecnologias de defesa fossem experimentadas, incluindo o uso dos primeiros submarinos movidos a diesel, bem como de aviões.

A partir do século XX, com o desenvolvimento das empresas automobilísticas e o contínuo crescimento do uso de derivados no setor de transportes, várias companhias petrolíferas foram fundadas, especialmente nos EUA (IPIRANGA, 2006; THOMAS, 2004). Os acontecimentos do final do século XIX e início do século XX marcaram definitivamente a

intensa presença do petróleo na sociedade global, que aos poucos foi reduzindo o consumo de carvão mineral como sua principal fonte energética. Cardoso (2009) pontua algumas razões significativas para o petróleo ter se tornado o maior provedor mundial de energia ante o carvão mineral: (i) maior facilidade de transporte e armazenamento, por ser líquido; (ii) maior eficiência energética e (iii) menos poluente, tanto na queima como no processo exploratório.

Fiorillo e Ferreira (2009) relatam que a partir daí nasce a “civilização do petróleo”, cujo modo de vida é dependente, em muitos aspectos (energético e de consumo de bens e serviços), do uso desse combustível fóssil e de seus diversos derivados comerciais. Após a consolidação do uso global, Simões (2006) relata que em função da mobilidade do óleo, da distância entre mercados consumidores e centros produtores, bem como da existência de grandes empresas atuantes em vários países simultaneamente, o petróleo passou a ser uma mercadoria comercializada no mundo inteiro. Em 1960, com o intuito de fortalecer os países produtores e impulsionar os preços no mercado internacional, foi criada a Organização dos Países Exportadores de Petróleo - OPEP, que no corrente ano de 2021 conta com a presença de 13 países - Irã, Iraque, Arábia Saudita, Kuwait, Venezuela, Angola, Argélia, Emirados Árabes, Líbia, Congo, Guiné Equatorial, Gabão e Nigéria (OPEP, 2021).

De acordo com SCHIAVI (2016), à medida que novas descobertas de reservas de óleo cru surgiam, a indústria de petróleo tornou-se alvo de disputas políticas e econômicas entre empresas e países do mundo inteiro. Ao longo de sua evolução, o desenvolvimento da indústria do petróleo foi marcado por inovações tecnológicas, que suprimiram a necessidade de utilização de equipamentos modernos, com uso de derivados como insumos produtivos.

Na década de 70, em particular, o mercado de petróleo passou por uma extensa crise, mediante dois grandes choques de aumento de preços, ocorridos em 1973 (durante a Guerra do Yom Kipur) e em 1979 (como consequência da Revolução Iraniana). Nesses anos, assim como em 1991, os países da OPEP instituíram fortes embargos econômicos aos EUA e países europeus. Em 1973, o embargo se deu em represália aos aliados israelenses durante os conflitos armados entre os países árabes, liderados pelo Egito e a Síria, contra Israel. Nessa época, o preço do petróleo chegou a subir 400%. Em 1979, quando a produção iraniana ficou paralisada em consequência das revoltas que culminaram na transformação do Irã em república Islâmica, o preço do petróleo mais que triplicou (GASPARETTO JUNIOR, 2014).

Nas décadas de 80 e 90, os custos de exploração e produção de petróleo foram gradativamente reduzidos em função dos avanços tecnológicos alcançados. No entanto, o ano

de 1991 ficou marcado por mais um momento de crise, quando o Iraque invadiu o Kuwait, tornando-se alvo de uma ofensiva militar comandada pelos EUA, fato que provocou inúmeras incertezas sobre a produção na região e pressionou o preço do barril de petróleo. Nas décadas seguintes o petróleo permaneceu se impondo como maior fonte energética mundial (THOMAS, 2004). Vale destacar que, em 2006, o Brasil marcou presença expressiva na história mundial do petróleo, sendo responsável pela maior descoberta petrolífera dos cinquenta anos anteriores: o pré-sal (RICCOMINI; SANT'ANNA; TASSINARI, 2012).

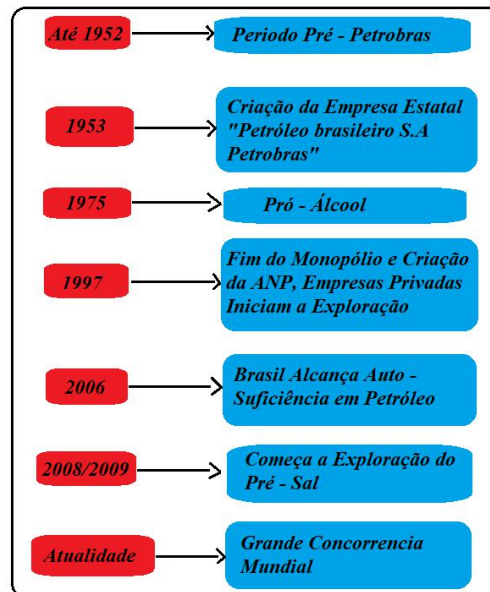
Em tempos mais recentes, desde o início de 2020 e durante todo o ano de 2021, como consequência dos entraves provocados pelo surgimento do coronavírus SARS-CoV-2, a indústria do petróleo vem passando por uma nova conjuntura difícil. O alto nível de contágio do coronavírus e o rápido espalhamento da covid-19 por todos os continentes, motivaram os países do mundo inteiro a adotarem políticas de isolamento social. De acordo com o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP (2020), as ações de contenção do vírus tiveram intensos efeitos redutores nas atividades produtivas mundiais, especialmente nos setores industriais, de transporte e turismo, impactando diretamente a demanda por petróleo e seus derivados.

Segundo Mello (2020), a pandemia da covid-19, declarada oficialmente pela Organização Mundial de Saúde - OMS (2020) em 11 de março de 2020, gerou a maior crise do mercado mundial de petróleo em 30 anos. Logo no começo do estabelecimento da situação de pandemia o mercado internacional já registrou uma queda de 30% no preço do barril de petróleo, a maior já vista desde a Guerra do Golfo Pérsico, em 1991. Versignassi (2020) destaca que o petróleo do tipo *West Texas Intermediate* - WTI, de origem norte americana e com comercialização na Bolsa de Chicago, foi, em princípio, o mais afetado, chegando a ser negociado, em abril de 2020, com preços negativos, pela primeira vez na história.

Essa movimentação atípica no mercado de petróleo americano foi consequência direta da pandemia da covid-19, que gerou grande excedente de volumes estocados nos EUA e colocou em risco a capacidade de armazenamento do país. Na mesma época, os preços do Brent, produzido no norte da Europa e na Ásia e comercializado na Bolsa de Londres, também caíram, porém em menor proporção (9%), já que os países compradores desse tipo de petróleo (como China e Índia) enfrentavam restrições menos intensas provocadas pela pandemia. Os EUA, por outro lado, tinham se tornado o novo epicentro de transmissão do coronavírus. Além disso, ao contrário do WTI, que é escoado por terra, o petróleo Brent é escoado pelo mar, o que, em uma situação de lockdown, facilita a movimentação (MARTINS; NETO, 2020).

No que se refere ao Brasil, apesar do país, por meio da sua estatal Petrobras, só ter descoberto o pré-sal em 2006 e anunciado a existência de óleo em grandes extensões abaixo da ampla camada de sal em 2007, sua história com o petróleo teve início há muito tempo atrás (CEOLIN, 2019). Na Figura 3 são listados alguns dos fatos históricos relevantes do petróleo no Brasil, tendo como ponto de partida o período pré-Petrobras.

Figura 3 - Fatos relevantes da história do petróleo no Brasil



Fonte: o próprio autor, adaptado de Schiavi (2016).

Com base nas diversas divisões propostas na literatura (REIS, 2020; CARDOSO, 2009; AJAJ, 2007; LUCCHESI, 1998), de um modo geral, a história do petróleo no Brasil pode ser resumida em três grandes fases, que serão brevemente descritas a seguir, contemplando os fatos da Figura 3.

Fase 1 (até 1952) - Pré-Petrobras

Destaca-se inicialmente a operacionalização da primeira sondagem profunda realizada no país, que ocorreu no município de Bofete - SP, entre os anos de 1892 e 1896. O período que vai de 1858 até mais da metade de abril de 1938 é caracterizado pela exploração de petróleo sob o regime de livre iniciativa. Ainda no ano de 1938, no final de abril, foi criado, no governo do presidente Getúlio Vargas, o Conselho Nacional do Petróleo - CNP. Sob o comando do General Horta Barbosa, o CNP iniciou suas atividades com o intuito de controlar e supervisionar a exploração, produção e o comércio de derivados de petróleo no Brasil. Em

suas primeiras ações, o CNP determinou que as jazidas de petróleo pertencessem à União. (MARTINS, 2008).

Em 1939, em Lobato - BA, ocorreu a descoberta da primeira jazida nacional de petróleo, a qual foi considerada subcomercial. Só em 1941, no município de Candeias, região do Recôncavo Baiano, foi encontrada a primeira acumulação comercialmente viável de petróleo no Brasil (SCHIAVI; HOFFMANN, 2015; MARTINS, 2008).

Fase 2 (de 1953 a 1996) - Monopólio da Petrobras

Em 1953, o Governo brasileiro, por meio da Lei Nº 2004¹, estabeleceu o monopólio estatal sobre a atividade petrolífera e criou a Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras - empresa estatal de economia mista, que atua no setor de energia, particularmente nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo, gás natural e seus derivados. Durante toda a década de 60, a atuação da Petrobras na economia brasileira foi ampliada e, em 1968, com a decisão de explorar petróleo no mar, a empresa deu início a realização de atividades de prospecção *offshore*, em águas profundas (GASPARETTO JUNIOR, 2014).

Em 1973, o Brasil sofreu as consequências da crise mundial do petróleo. O preço do produto se elevou e passou a ter grande peso nas importações do país, que vinha passando por um período de grande crescimento econômico e de alta demanda de combustíveis. Em 1974, foi descoberta, no Rio de Janeiro, a Bacia de Campos, que era, até 2017, a maior produtora de petróleo do país (SAMORA, 2017).

Em 1975, preocupado com os impactos da crise, o governo lançou o Programa Brasileiro de Álcool - Proálcool, cujo principal intuito foi o de criar condições para substituir em larga escala os carros a gasolina pelos que fazem uso de álcool. Nos anos seguintes, a Petrobras desenvolveu tecnologia própria de exploração em águas profundas e ultra profundas, colocando o Brasil entre os poucos países que dominam o ciclo completo de perfuração marítima em campos com mais de dois mil metros de profundidade (MORAES, 2013).

¹A Lei Nº 2.004, de 3 de outubro de 1953, dispõe sobre a Política Nacional do Petróleo e define as atribuições do Conselho Nacional do Petróleo, institui a Sociedade por ações Petróleo Brasileiro Sociedade Anônima, e dá outras providências.

Fase 3 (de 1997 a 2021) - Pós-Monopólio da Petrobras

Em 1997, foi promulgada a Lei Nº 9.478², conhecida como lei do petróleo, que estabeleceu o fim do monopólio estatal no Brasil, criou o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (LUSTOSA, 2002). Em 2006, a Petrobras fez a grande descoberta do petróleo do pré-sal, mudando os rumos da produção nacional (RICCOMINI; SANT'ANNA; TASSINARI, 2012)

Com o suporte do desenvolvimento tecnológico para extração do óleo em camadas do pré-sal, a partir da segunda metade da década de 2000, ocorreu uma aceleração na curva de produção do País, atingindo 2,9 milhões b/d em 2019. A descoberta da nova fronteira exploratória, no Polígono do Pré-sal, levantou novas discussões acerca das orientações da política energética nacional, culminando, em 2010, no estabelecimento do regime de contratos de partilha de produção para os campos situados na área do Polígono do Pré-sal (Lei Nº 12.351/2010³). Paralelamente, foi autorizada a Cessão Onerosa para a Petrobras, permitindo à estatal explorar até 5 bilhões de barris equivalentes de petróleo em áreas não concedidas do Pré-sal (Lei Nº 12.276/2010⁴), e criando a estatal Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA), empresa responsável pelo exercício dos direitos de propriedade da União no regime de partilha e organização da comercialização dos óleos da União - Lei Nº 12.304/2010⁵ (EPE, 2021).

²A Lei Nº 9.478, de 6 de Agosto de 1997, dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o CNPE e a ANP e dá outras providências.

³A Lei Nº 12.351/2010, 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; cria o Fundo Social - FS e dispõe sobre sua estrutura e fontes de recursos; altera dispositivos da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências.

⁴A Lei 12.276/2010, de 30 de junho de 2010, autoriza a União a ceder onerosamente à PETROBRAS o exercício das atividades de pesquisa e lavra de petróleo, de gás natural e de outros hidrocarbonetos fluidos de que trata o inciso I do art. 177 da Constituição Federal, e dá outras providências.

⁵A Lei Nº 12.304/2010, de 2 de agosto de 2010, autoriza o Poder Executivo a criar a empresa pública denominada Empresa Brasileira de Administração de Petróleo e Gás Natural S.A. - Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA) e dá outras providências.

No final de 2006, a ANP atestou que o Brasil atingiu a autossuficiência em petróleo, produzindo pouco mais do que o que consumiu naquele ano (RANGEL, 2007). Dois anos depois, os poços do pré-sal começaram a ser efetivamente explorados. O ritmo de desenvolvimento dos campos do pré-sal permitiu que a produção alcançasse 300 mil b/d em 2013, 1,0 milhão b/d em 2016 e 2,7 milhões b/d em julho de 2020 (ANP, 2021; BP, 2020). Em 2017, contabilizando também o gás natural, a Bacia de Santos, onde estão localizadas as reservas do pré-sal, superou pela primeira vez a produção da Bacia de Campos.

No ano atual de 2021, a Bacia de Santos é hoje a maior produtora de petróleo e gás natural do Brasil, devendo crescer ainda mais pelos próximos anos. Em março de 2021, Corrêa (2021) relata que “a produção da Bacia de Santos ultrapassou, pela primeira vez, 70% da produção nacional de petróleo, registrando a maior participação relativa na série histórica e a sexta maior, até hoje, em valores absolutos”. Atualmente, assim como o restante do mundo, a indústria de petróleo no Brasil vem enfrentando o cenário desafiador imposto, desde 2020, pela pandemia da covid-19.

2.3 Maiores Reservas, Produtores e Consumidores de Petróleo no Mundo

De acordo com a ANP (2020a), “reserva é uma estimativa do volume de petróleo ou gás natural dos reservatórios que pode ser produzido, devido à existência de tecnologia para extraí-lo e viabilidade econômica para comercializá-lo, de modo a cobrir seus custos de produção”. Conforme discutem Santos (2019) e Morse (2006), a preocupação em levantar as reservas provadas de petróleo tem crescido continuamente em face da perspectiva de finitude desse recurso natural. Dessa forma, grandes esforços têm sido feitos no mundo inteiro no sentido de quantificar as reservas de petróleo, diminuir o consumo de derivados e desenvolver tecnologias alternativas que possam atender com segurança a demanda global por energia.

Embora as reservas de petróleo estejam espalhadas por todo o planeta, sua distribuição não é igualitária por regiões. De acordo com a ANP (2021a) e a BP (2021), em 2020, as reservas provadas de petróleo no mundo atingiram o valor de 1.732,2 bilhões de barris. Desse total, 835,9 bilhões de barris (48,25%) são referentes ao Oriente Médio (região que ocupa o topo do ranking de maiores reservas do mundo); 323,4 bilhões de barris (18,67%) são atribuídos às Américas Central e do Sul; 242,9 bilhões de barris (14,02%) são da América do Norte; 146,2 bilhões de barris (8,44%) pertencem a Comunidade dos Estados Independentes - CEI; 125,1 bilhões de barris (7,22%) estão em reservas na África; 45,2

bilhões de barris (2,6%) estão na região Ásia-Pacífico; e, por último, 13,6 bilhões de barris (0,79%) se encontram na Europa. Vale destacar que, juntos, os países da OPEP somam 1.216,0 bilhões de barris, o que corresponde a aproximadamente 70,2% de todo o petróleo do planeta. Os demais países do mundo respondem, em conjunto, por 516,4 bilhões de barris. Na Tabela 2 são listados, em ordem decrescente, os dez países que possuem as maiores reservas de petróleo no mundo. O Brasil não está nessa lista, uma vez que ocupou, em 2020, a décima sexta posição, com um volume de 11,9 bilhões de barris, o que representa uma queda de 6,21%, comparado com o valor registrado em 2019 (ANP, 2021a; BP, 2021).

Tabela 2 - As maiores reservas provadas de petróleo do mundo em 2020

País	Reservas Provadas (bilhões de barris)
Venezuela	303,80
Arábia Saudita	297,5
Canadá	168,1
Irã	157,8
Iraque	145,0
Rússia	107,8
Coveite	101,5
Emirados Árabes Unidos	97,8
Estados Unidos de América	68,8
Líbia	48,4

Fonte: elaborada pelo autor com base em dados da ANP (2021a) e BP (2021).

No que diz respeito a produção, em 2020, o volume total de petróleo produzido no mundo foi de 88,961 milhões de barris/dia (ANP, 2021a; BP, 2021). Assim como em reservas provadas, o Oriente Médio também se destacou como o maior produtor mundial de petróleo, com 27,664 milhões de barris/dia (31,09%), seguido da América do Norte, que produziu 23,521 milhões de barris/dia (26,43%). A CEI teve produção registrada de 13,496 milhões de barris/dia (15,17%), a Ásia-Pacífico de 7,425 milhões de barris/dia (8,34%), África com 6,865 milhões de barris/dia (7,71%) e por último as Américas Central e do Sul com 5,841 milhões de barris/dia (6,56%). Conforme mostrado na Tabela 3, no ranking de

países, os EUA é o principal produtor de petróleo do mundo, seguido da Arábia Saudita e da Rússia. O Brasil aparece entre os dez maiores produtores, ocupando a nona posição.

Tabela 3 - Os dez maiores produtores de petróleo no mundo em 2020

Países	Produção de petróleo (milhões de barris/dia)
Estados Unidos de América	16,476
Arábia Saudita	11,039
Rússia	10,667
Canadá	5,135
Iraque	4,114
China	3,901
Emirados Árabes Unidos	3,657
Irã	3,084
Brasil	3,026
Coveite	2,686

Fonte: elaborado pelo autor com base em dados da ANP (2021a) e BP (2021).

É válido destacar que diante do contexto da pandemia da covid-19, que impôs necessárias medidas de distanciamento social e reduziu significativamente o deslocamento de pessoas nos mais diversos âmbitos (trabalho, viagens, passeios, etc), a produção total de petróleo no mundo, teve uma queda de 6,92% em 2020, quando comparada ao ano de 2019. A menor produção se deu em função da menor demanda. O decréscimo na produção foi sentido por oito dos dez maiores produtores de petróleo no mundo. China e Brasil são as exceções. A China registrou aumento de 1,69% e o Brasil de 5,19%, apesar da pandemia (ANP, 2021a; BP, 2021). Gandra (2021) reporta que, em 2020, a ANP informou que, em função do aumento da produção interna em 2020, as exportações de petróleo alcançaram o maior resultado da série histórica, com aumento anual de 16,9%. Em contrapartida, as importações de petróleo tiveram queda de 28,9%.

Os efeitos da menor demanda representaram prejuízos drásticos para as grandes empresas de petróleo do mundo. Empresas como BP, *Saudi Aramco*, grupo anglo-holandês *Royal Dutch Shell*, *Chevron* e *Total* anunciaram perdas da ordem de bilhões de dólares no ano

de 2020. Segundo a Agência de Notícias Francesas - ANF (2021), “os valores são inéditos e contrastam de forma espetacular com as dezenas de bilhões de dólares de lucros que as *majors* petroleiras registraram nos anos anteriores”. Para se ter ideia, a *Saudi Aramco*, maior empresa de petróleo do mundo, tornou pública uma queda de 44% no seu lucro líquido, passando de 88 bilhões de dólares em 2019 para 49 bilhões de dólares em 2020 (VEJA ONLINE, 2021).

A Petrobras, estatal brasileira, conseguiu, a despeito da pandemia, expandir sua produção de petróleo no ano de 2020, apesar dos preços mais baixos e do excesso de oferta, que abalaram várias petroleiras no mundo todo. A empresa registrou, porém, no 1º trimestre uma redução de valor recuperável de ativos de 13,2 bilhões de dólares (PIRES, 2021). A Petrobras está na lista das vinte maiores empresas produtoras de petróleo do mundo, tendo ocupado, em 2019, a décima sexta colocação, de acordo com o levantamento realizado pela *Petroleum Intelligence Weekly* – PIW, do grupo *Energy Intelligence*, referência em análises da área de petróleo e gás (SIMAS, 2021). Segundo Virdin *et al.* (2021), a Petrobras é ainda a segunda maior petrolífera do mundo em operações no oceano, ficando logo atrás da estatal árabe *Saudi Aramco*.

O advento do pré-sal foi decisivo para que a empresa se destaque de forma expressiva no setor *offshore*. A *Brad Finance* (2021), empresa internacional de consultoria de marcas, cita a Petrobras na trigésima segunda posição no ranking das maiores empresas de petróleo e gás do mundo, considerando o ano de 2020. Segundo levantamento anual do *Boston Consulting Group* (BCG), a estatal brasileira também está na lista das 50 empresas com maior retorno total ao acionista no mundo, no acumulado de 2016 a 2020 (VALOR ONLINE, 2021). O ranking anual *Forbes Global 2000* cita a Petrobras na septuagésima posição geral entre as maiores empresas de capital aberto do mundo no ano de 2019 (ANDRADE, 2020).

Em se tratando de consumo mundial de petróleo, em 2020, atingiu-se 88,477 milhões barris/dia, valor que foi 9,35% menor que o ano anterior, em função da pandemia da covid-19 (ANP, 2021; BP, 2021). A Ásia foi a região de maior consumo, com 33,625 milhões barris/dia, o que corresponde a 37,99% do total mundial. Em seguida vêm a América do Norte, com 20,772 milhões barris/dia (23,48%); a Europa com 12,766 milhões barris/dia (14,45%); o Oriente médio com 8,32 milhões barris/dia (9,40%); e as América Central e do Sul, que consumiram 5,274 milhões barris/dia (5,96%), A CEI registrou um consumo de 4,149 milhões barris/dia, o que equivale a 4,69% do total mundial; e, por fim, tem-se o continente africano,

que consumiu 3,559 milhões barris/dia (4,02%). Na Tabela 4 são listados os dez países que apresentaram, em 2020, o maior consumo de petróleo a nível mundial. O Brasil, apesar de apresentar uma das matrizes energéticas mais renováveis do planeta (ANP, 2021b), também está no ranking dos dez maiores consumidores mundiais de petróleo, ocupando, no ano de 2020, a oitava posição. Em 2020, o país registrou um consumo de 4,149 milhões barris/dia, o que equivale a uma queda de 4,75%, em relação ao ano de 2019 (ANP, 2021a; BP, 2021). Deve-se ressaltar que a pandemia da covid-19, em um cenário sem precedentes, provocou queda do consumo de petróleo não só no Brasil, mas em absolutamente todos os países do mundo.

Tabela 4 - Maiores consumidores de petróleo em 2020

Países	Consumo de petróleo (milhões de barris/dia)
Unidos de América	17,178
China	14,225
Índia	4,669
Arábia Saudita	3,544
Japão	3,268
Rússia	3,238
Coreia do Sul	2,560
Brasil	2,232
Canadá	2,282
Alemanha	2,045

Fonte: elaborado pelo autor com base em dados da ANP (2021a) e BP (2021).

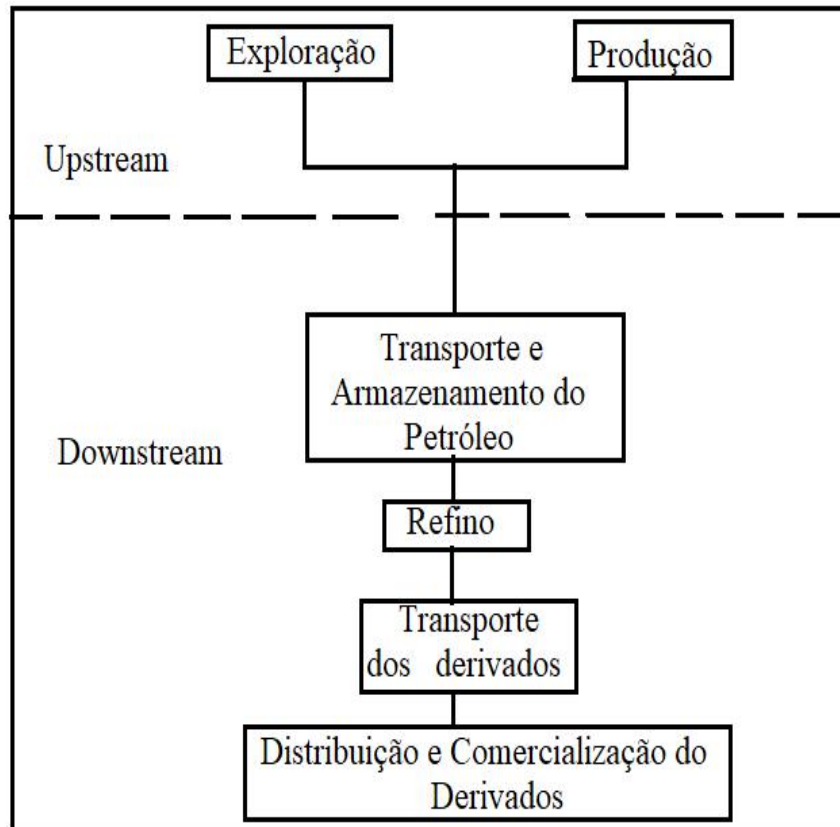
2.4 Cadeia Produtiva do Petróleo

Para que o petróleo seja extraído dos reservatórios naturais, nos quais estão acumulados, e chegue ao consumidor final, na forma de derivados comerciais, um extenso trajeto, caracterizado por sua cadeia produtiva, deve ser percorrido. A cadeia produtiva do petróleo e de seus derivados (Figura 4), tal como a do gás natural, depende de uma série de etapas, que incluem basicamente atividades de exploração, produção, armazenamento, transporte, refino e distribuição. Essas atividades são divididas, em geral, em dois segmentos,

conforme dispõem Paiva (2015) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2014): (i) *upstream*, que compreende as atividades de exploração e produção de petróleo; e (ii) *downstream*, que contempla as atividades de refino e de logística do petróleo (incluindo armazenamento, transporte e comercialização), bem como de logística de derivados (incluindo armazenamento, transporte e distribuição).

Todas as atividades que integram a cadeia produtiva do petróleo nacional estão sujeitas a regulamentações legais, políticas e econômicas. A ANP é o órgão federal, vinculado ao Ministério de Minas e Energia - MME e submetida ao regime autárquico especial, responsável pela regulação dessas atividades no Brasil (2020b).

Figura 4 - Cadeia produtiva do petróleo e de seus derivados



Fonte: elaborada pelo próprio autor, com base em SEBRAE (2014).

Nos subtópicos descritos a seguir serão contextualizadas as atividades de exploração, produção e refino de petróleo, bem como as de distribuição de derivados. Como o presente trabalho tem foco nas atividades de armazenamento e transporte, tanto do petróleo como de derivados, os aspectos principais que caracterizam tais atividades serão descritos com detalhes, em tópicos separados, uma vez que constituem objeto específico de estudo.

2.4.1 Exploração e Produção do Petróleo

Segundo QUEIROZ (2017), as atividades de exploração e produção de petróleo, cuja política é estabelecida pela Resolução N° 17/2017⁶ do CNPE, são de alta complexidade, pois demandam diversos recursos de apoio, desde as fases iniciais de prospecção de um campo até a efetiva produção. De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2009), as atividades de exploração são realizadas com o intuito de identificar e quantificar novas reservas de petróleo, por meio de análises da geologia do subsolo, da identificação de potenciais reservatórios e da confirmação da existência desses reservatórios. Já as atividades de produção se referem a retirada do petróleo de uma reserva, com intuito de maximizar sua vida útil, incluindo o uso de diversas técnicas de produção e de recuperação e a manutenção de níveis otimizados de produção.

As atividades de exploração incluem a prospecção, tida como a etapa de estudos necessários com objetivos de identificar o acúmulo de hidrocarbonetos em um determinado local, a perfuração de poços exploratórios e a avaliação comercial das reservas. A prospecção é realizada por meio de estudo geológico e da aquisição de dados geofísicos. O reconhecimento geológico se dá com o apoio de mapeamento da área, feito a partir de fotografias aéreas e imagens de radar e satélites, além de uso de mapas topográficos de detalhe. Findados os recursos geológicos de investigação, a prospecção por métodos geofísicos é realizada nas regiões apontadas como potencialmente produtoras. Os levantamentos geofísicos, tanto aéreos como terrestres, são realizados com a ajuda de métodos potenciais (p. ex. a gravimetria e a magnetometria) e métodos sísmicos (principalmente sísmica de reflexão) (THOMAS, 2004).

Depois que os estudos de prospecção indicam os locais nos quais existe possibilidade de conter petróleo, poços exploratórios são perfurados para verificar se realmente há óleo na locação indicada. Constatada a existência, inicia-se a fase de avaliação da descoberta, com objetivo de definir se trata-se ou não de reservatórios com volumes comercialmente recuperáveis (PALMA, 2011). Na sequência tem-se a fase de desenvolvimento, que, segundo o BNDES (2009), se destina a “planejar a abordagem e definir os recursos necessários para a produção que maximizem a rentabilidade de uma reserva”. É nessa ocasião que ocorre toda a preparação para a fase de produção.

⁶A resolução No 17, de 8 de junho de 2017, estabelece a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, define suas diretrizes e orienta o planejamento e a realização de licitações, nos termos da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e da Lei no 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e dá outra providência.

A perfuração de poços é o primeiro passo para viabilizar a produção do petróleo. Modernamente, a perfuração se dá por meio do método rotativo, no qual o principal dispositivo de operação é uma sonda, por meio da qual as rochas são perfuradas à medida que uma coluna de perfuração, em cuja extremidade está situada uma broca, é descida, rotacionando, no local onde o poço será construído (THOMAS, 2004). À medida que a rocha vai sendo esmerilhada os cascalhos vão sendo retirados com o auxílio de um fluido de perfuração (POMINI, 2013).

A estruturação dos poços se dá com a descida e instalação de revestimentos de aço, fixados com uma pasta de cimento, água e aditivos CORRÊA (2003). LIMA E SANTOS (2012) dizem que independentemente do tipo de poço a ser desenvolvido ou perfurado, o detalhamento das etapas de planejamento para a sua construção é de grande importância para a determinação do tempo e do custo do poço e, conseqüentemente para avaliar a sua viabilidade técnica e econômica - quanto melhor o planejamento de um poço, maiores serão as chances de se obter sucesso.

A infraestrutura de perfuração é composta por: (i) sistemas de superfície (sistemas de sustentação de cargas, de movimentação de cargas, de rotação, de circulação de fluido de perfuração, de geração e transmissão de energia, de segurança do poço e de monitoramento) e (ii) sistemas de subsuperfície (coluna de perfuração e broca). Vale ressaltar que no mar, os equipamentos utilizados na perfuração de poços são montados nas chamadas unidades de perfuração marítima. Essas unidades são divididas basicamente em dois tipos: as que têm o preventor de explosão (do inglês *blowout preventer* - BOP) na superfície, tais como as plataformas fixas, as auto-eleváveis, as submersíveis e as *tension legs* (pernas atirantadas); e as que possuem o BOP no fundo do mar, que são denominadas de unidades flutuantes, como é o caso das semi-submersíveis e os navios sonda (THOMAS, 2004).

Depois de terminadas as atividades de perfuração, passa-se a executar, então, a operação de completação, que nada mais é que o conjunto de atividades destinadas a equipar o poço para produzir óleo e/ou gás, ou injetar fluidos no reservatório. É durante a completação que são instalados a coluna de produção (que permite que os fluidos produzidos sejam levados, sob vazão controlada, até a superfície), a árvore de natal (conjunto de válvulas que tem a finalidade de controlar o fluxo de fluidos produzidos do poço) e o BOP (conjunto de válvulas de segurança destinada a fechar o poço em situações de emergência (THOMAS, 2004). Os poços completados produzirão, por fim, por elevação natural (no início da vida

produtiva) ou por meio de algum método de elevação artificial, tais como o bombeio mecânico e o *gas lift* (CORRÊA, 2003).

Em síntese a produção de petróleo se dá a partir de um planejamento inicial, quando são feitos os devidos estudos e projetos de engenharia de reservatórios, avaliação técnico-econômica da extração, definição dos mecanismos primários de produção e definição de métodos de recuperação. Logo em seguida são desenvolvidos os sistemas de produção que envolvem a perfuração e completação de poço; perfilagem; canhoneio; condicionamento; implementação das instalações de coleta, de tratamento, armazenamento e de escoamento; instalação da coluna de produção, cabeça do poço e da árvore de natal, tendo-se por último a análise de controle de produção, na qual estão inseridas as etapas de recuperação suplementar da jazida, elevação artificial, testes de formação e testes de produção SCHIARI (2016).

2.4.2 Refino do Petróleo

Uma vez produzido, o petróleo no seu estado bruto só encontra aplicação no provimento de energia por combustão, servindo assim apenas como óleo combustível. Para que o pleno aproveitamento de seu potencial energético se dê, o petróleo precisa ser beneficiado em uma refinaria, de modo que, depois de passar por diversos processos, resulte, por fim, nos diferentes derivados comerciais que se tem conhecimento, tais como GLP (gás liquefeito do petróleo), gasolina, nafta, diesel, querosene, solventes, lubrificantes e asfalto (MARIANO, 2005). A atividade de refino no Brasil é regulada pela Resolução ANP N° 16/2010⁷.

Segundo Brasil, Araújo e Sousa (2011), os processos de refino podem, em função do tipo de transformação que agregam à carga de entrada, ser classificados em três grandes grupos: (i) processos de separação; (ii) processos de conversão; e (iii) processos de tratamento. Aqueles que não agregam transformação propriamente dita, mas que existem com intuito de fornecer insumos ou tratar correntes efluentes, tais como a geração de hidrogênio e o tratamento de águas ácidas, são chamados de processos auxiliares.

Os processos de separação têm o intuito de desdobrar o petróleo em suas frações básicas, ou processar uma fração intermediária previamente produzida, a fim de retirar dela

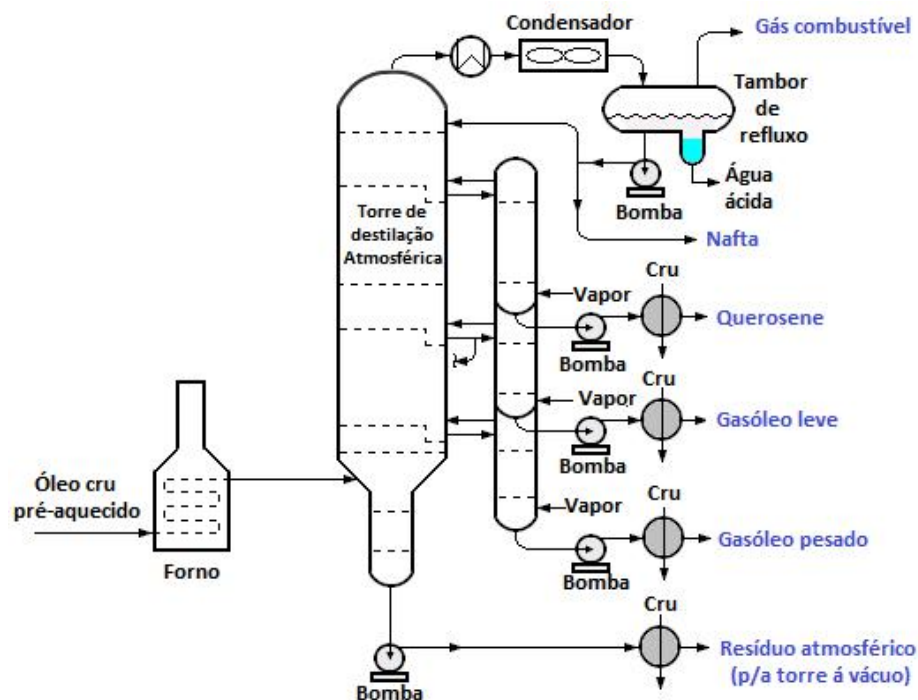
⁷A Resolução ANP N° 16, de 11 de junho de 2010, regula a atividade de refino de petróleo, que abrange a construção, modificação, ampliação de capacidade e operação de Refinaria de Petróleo, condicionada à prévia e expressa autorização da ANP.

um grupo específico de compostos. São processos de natureza essencialmente física, que, em geral, usam, como agentes de separação, a diferença de ebulição dos componentes da carga de entrada ou a diferença de solubilidade de componentes da carga em algum solvente. A destilação (atmosférica e a vácuo), a desasfaltação, a desaromatização, a desparafinação, a desoleificação, a extração de aromáticos e a adsorção de n-parafina são processos de separação (FARAH, 2013).

Os processos de conversão, por outro lado, se destinam a transformar uma fração em outra(s), de melhor qualidade e valor, por meio de reações químicas. São classificados em: (i) processos catalíticos (craqueamento catalítico em leito fluidizado - FCC, hidrocraqueamento, alquilação, reforma e isomerização); e (ii) processos térmicos (p.ex. craqueamento térmico, coqueamento retardado e pirólise). Já os processos de tratamento visam eliminar contaminantes, principalmente compostos de enxofre e nitrogênio, presentes nas frações do petróleo, de modo a melhorar a qualidade e a estabilidade do derivado correspondente (BRASIL; ARAÚJO; SOUSA, 2011).

A destilação é realizada em torres de fracionamento (Figura 5) e constitui o processo mais importante do refino de petróleo, sendo o único obrigatório em uma refinaria (ALBERTO, 2010).

Figura 5 - Torre de destilação para o fracionamento do petróleo



Fonte: adaptada de Mbeychok (2012).

É por meio da destilação que, com base na diferença de temperaturas de ebulição dos hidrocarbonetos presentes no petróleo, são geradas as frações básicas, que poderão ser encaminhadas para um processo de tratamento e depois para tanques de estocagem (compondo, assim, os derivados finais, depois de misturadas ou não a outras frações) ou passarão por outros processos de separação, transformação ou acabamento, antes de seguir para os tanques de produtos acabados (CARDOSO, 2004).

O resultado do refino do petróleo é a obtenção dos diversos derivados, que podem ser classificados em produtos energéticos e não energéticos. Os energéticos são de demanda predominante em todo o mundo, ocupando maior espaço quantitativo de produção. No Brasil os energéticos correspondem a mais de 80% da produção e do consumo de derivados de petróleo (FARAH, 2013). No Quadro 1 têm-se informações químicas de algumas frações do petróleo, bem como seu uso correspondente como derivado.

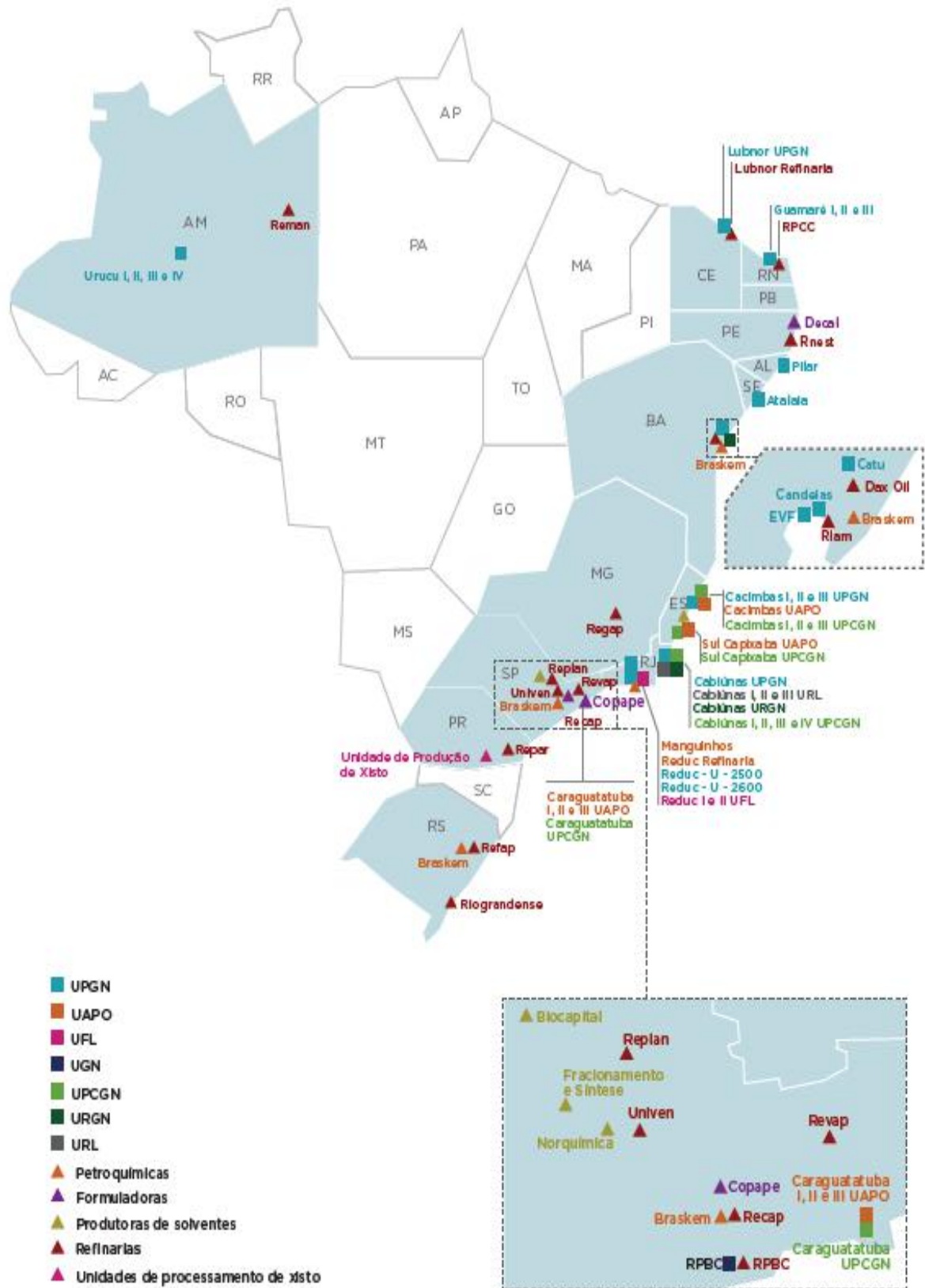
Quadro 1 - Frações típicas do petróleo

Fração	Temperatura de ebulição (°C)	Composição aproximada	Usos
Gás residual	----	C ₁ – C ₂	Gás combustível
GLP	Até 40	C ₃ – C ₄	Gás combustível, engarrafado, uso doméstico e industrial
Gasolina	40 a 175	C ₅ – C ₁₀	Combustível de automóvel, solvente
Querosene	175 a 235	C ₁₁ – C ₁₂	Iluminação e combustível de aviões a jato
Gasóleo leve	235 a 305	C ₁₃ – C ₁₇	Diesel, fornos
Gasóleo Pesado	305 a 400	C ₁₈ – C ₂₅	Combustível matéria prima para lubrificantes
Lubrificante	400 a 510	C ₂₆ – C ₃₈	Óleos lubrificantes
Resíduos	Acima de 510	C ₃₈₊	Asfalto, piche, impermeabilizantes

Fonte: THOMAS (2004).

Na Figura 6 é mostrada a distribuição das refinarias de petróleo e unidades de processamento de gás, em 2019, de acordo com o divulgado pela ANP (2020).

Figura 6 - Unidades de refino de petróleo e processamento de gás no Brasil, em 2019



Fonte: ANP (2020c).

2.4.3 Distribuição e Comercialização de Derivados Líquidos

Das refinarias os derivados líquidos seguem, de acordo com a melhor logística, para as distribuidoras, que, segundo Cardoso (2004), são empresas especializadas, cujas atividades são autorizadas pela ANP e se caracterizam pela aquisição de produtos a granel e sua revenda por atacado para a rede varejista, grandes consumidores e transportadores-revendedores-retalhistas (TRRs). É possível, ainda, a venda entre distribuidoras, respeitando os limites determinados pela ANP. De acordo com a Resolução ANP N° 58/2014⁸, “a atividade de distribuição de combustíveis líquidos é considerada de utilidade pública e compreende aquisição, armazenamento, mistura, transporte, comercialização e controle de qualidade de combustíveis líquidos”. O grupo dos principais combustíveis líquidos derivados do petróleo comercializados pelas distribuidoras inclui gasolina, diesel, óleo combustível e querosene.

Vale destacar que as distribuidoras são as responsáveis, e únicas autorizadas, por realizar a mistura de gasolina do A (adquirida nas refinarias) e etanol anidro combustível (adquirido nas usinas), nas proporções definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, para formular a gasolina C (vendida nos postos)⁹. As distribuidoras também realizam a mistura do diesel A (adquirido nas refinarias) com o biodiesel, no percentual estabelecido pelo Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, para formular o diesel B (vendida nos postos)¹⁰. Compete ainda as distribuidoras avaliar os produtos que recebem e responder pela qualidade do produto que entrega (PETROBRAS, 2021).

As distribuidoras têm suas atividades concentradas em bases, que segundo Soares, Leal e Azevedo (2003), são “instalações com facilidades necessárias ao recebimento de combustíveis, ao armazenamento, mistura, embalagem e distribuição, em uma dada área de mercado”. As distribuidoras recebem os combustíveis que chegam das refinarias, ou de terminais (no caso de importações), em bases primárias (o produto não passa antes por nenhuma outra base). As bases secundárias recebem o produto de outra base, seja ela primária ou secundária. Normalmente, as bases primárias estão localizadas nas proximidades das

⁸A Resolução No 58, de 17 de outubro de 2014, estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de distribuição de combustíveis líquidos e a sua regulamentação.

⁹A Resolução N° 807, de 23 de janeiro de 2020, estabelece a especificação da gasolina de uso automotivo e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializarem o produto em todo o território nacional.

¹⁰A Resolução ANP N° 50 de 23 de dezembro de 2013, regulamenta as especificações do óleo diesel de uso rodoviário, contidas no Regulamento Técnico ANP n° 4/2013, e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional

refinarias e terminais, enquanto que as secundárias têm um maior espalhamento, de modo a atender clientes distantes (CARDOSO, 2004).

2.5 Armazenamento de Petróleo e Derivados

O armazenamento de petróleo e derivados se refere à estocagem desse combustível fóssil, em seu estado bruto (óleo cru) em terminais, antes de ser enviado a uma refinaria ou ser exportado. Os terminais podem ser do tipo terrestres ou aquaviários (lacustre, fluvial ou marítimo) e compreendem o conjunto de instalações destinadas ao recebimento, expedição e armazenagem de produtos da indústria de petróleo. Os derivados, por sua vez, podem ser armazenados em terminais, nas refinarias e nas bases das distribuidoras (SOARES, LEAL e AZEVEDO, 2003).

O armazenamento de petróleo e derivados líquidos é parte importante do conjunto de atividades que agregam valor ao produto, uma vez que podem garantir a existência de reservas que seriam acionadas apenas em condições emergenciais e de crise, bem como dá suporte ao abastecimento do mercado. Governos de todo o mundo mantêm reservas estratégicas de petróleo, estocadas para enfrentar momentos de crise (MME, 2015). Muitos gestores empresariais também veem o armazenamento de petróleo como um instrumento estratégico para contornar as especulações do mercado global. Nesse sentido, algumas empresas compram petróleo a preços reduzidos e estocam para vender quando os valores de comercialização subirem.

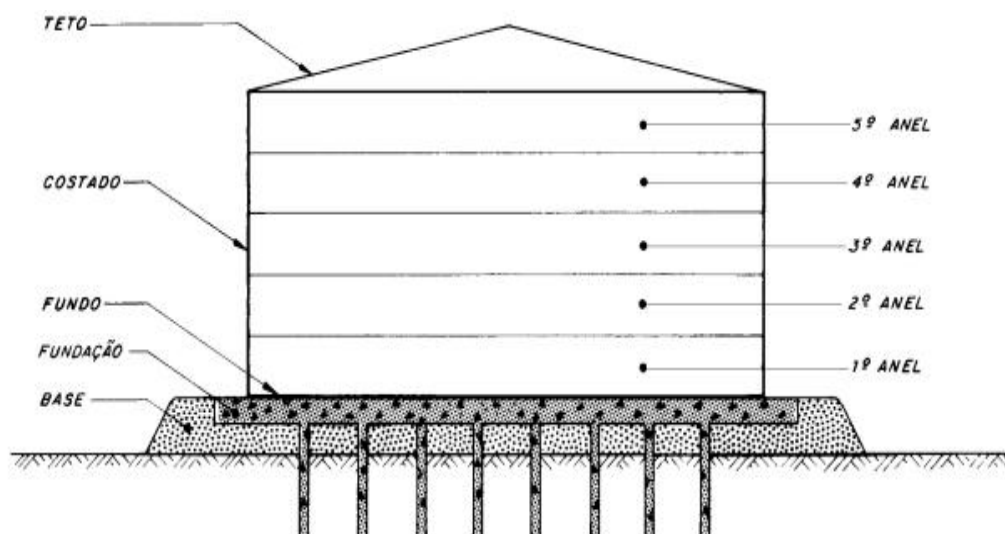
Vale destacar que, nos tempos atuais, com a crise desencadeada pela pandemia da covid-19, o armazenamento de petróleo e derivados adquiriu uma relevância histórica. As restrições de circulação de pessoas impostas pelos governos para conter a transmissão do coronavírus provocou uma baixa na demanda por petróleo e derivados, criando um excedente no mercado, que fez com que milhões de barris precisassem ser estocados em tanques terrestres ou marítimos, ou ainda em pequenas embarcações. Nos períodos de pico da pandemia, os operadores de armazenamento trabalharam com altas taxas de ocupação de suas instalações, com um cenário de capacidade limitada, particularmente, na Europa, região de Cingapura e Oriente médio (BLOOMBERG, 2020).

2.5.1 Tanques de Armazenamento

O petróleo logo após a sua extração é armazenado em tanques ou em navios petroleiros, que também funcionam como meio de transporte, auxiliando na locomoção do material até os terminais de armazenamento, para posterior envio às refinarias. Tanques de armazenamento de petróleo e derivados são recipientes fabricados sobre diferentes formatos e tamanhos e que podem ser utilizados em pressão atmosférica ou superior. Revestimentos com películas protetoras de zarcão, tintas especiais e galvanização com zinco costumam ser aplicados para combater a corrosão atmosférica. Fatores como volatilidade, inflamabilidade e temperatura são determinantes na seleção do tipo e tamanho do tanque de armazenamento do petróleo (CARDOSO, 2004).

Uma vez que petróleo e derivados são considerados carga perigosa e de valor agregado associado, os tanques que recebem esses produtos são construídos com base em rígidos padrões de segurança e exigem elevados investimentos de capital. Os vários tipos de tanques existentes podem ser didaticamente classificados conforme a natureza do seu costado, que geralmente é cilíndrico (horizontal e vertical) ou esférico. Quanto à natureza do seu teto eles podem ser fixos, móveis, com diafragma flexível ou teto flutuante (BARROS, 2014). A construção destes equipamentos é regida pela norma API 650 do *American Petroleum Institute* - API e pela norma brasileira NBR 7821. Os tanques de armazenamento são compostos por diferentes partes, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Esquema de um tanque de armazenamento



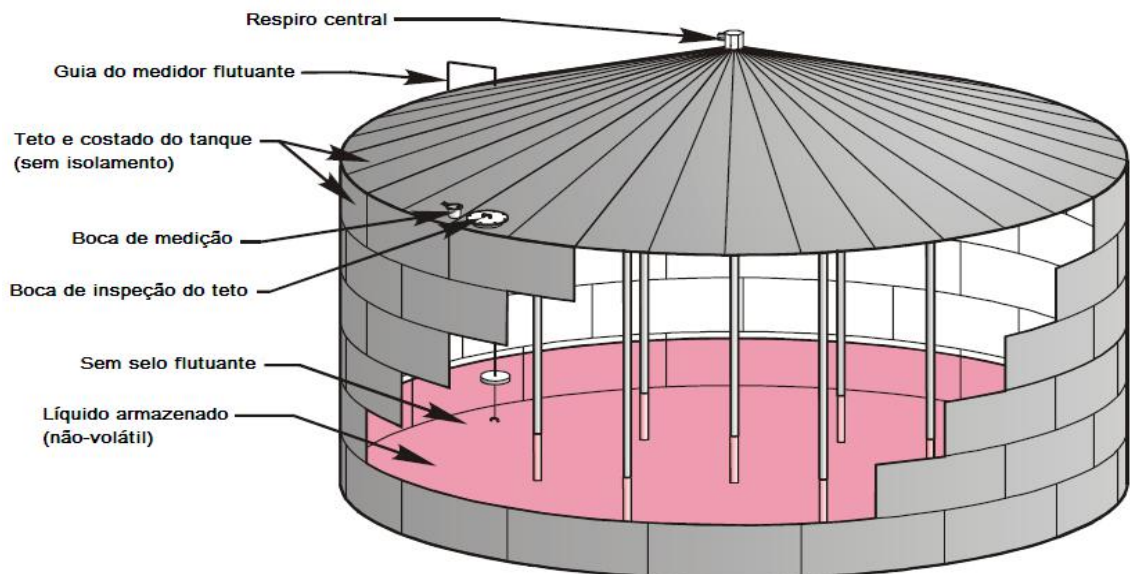
Fonte: Barros (2014).

Segundo Oliveira (2016), devido ao domínio da tecnologia de fabricação e de controle de deterioração, o aço carbono é o principal material utilizado na fabricação de tanques de armazenamento de petróleo e derivados líquidos. Em tanques de pequeno porte é possível, porém, a utilização de aço inoxidável ou alumínio.

2.5.2 Tanques de Teto Fixo

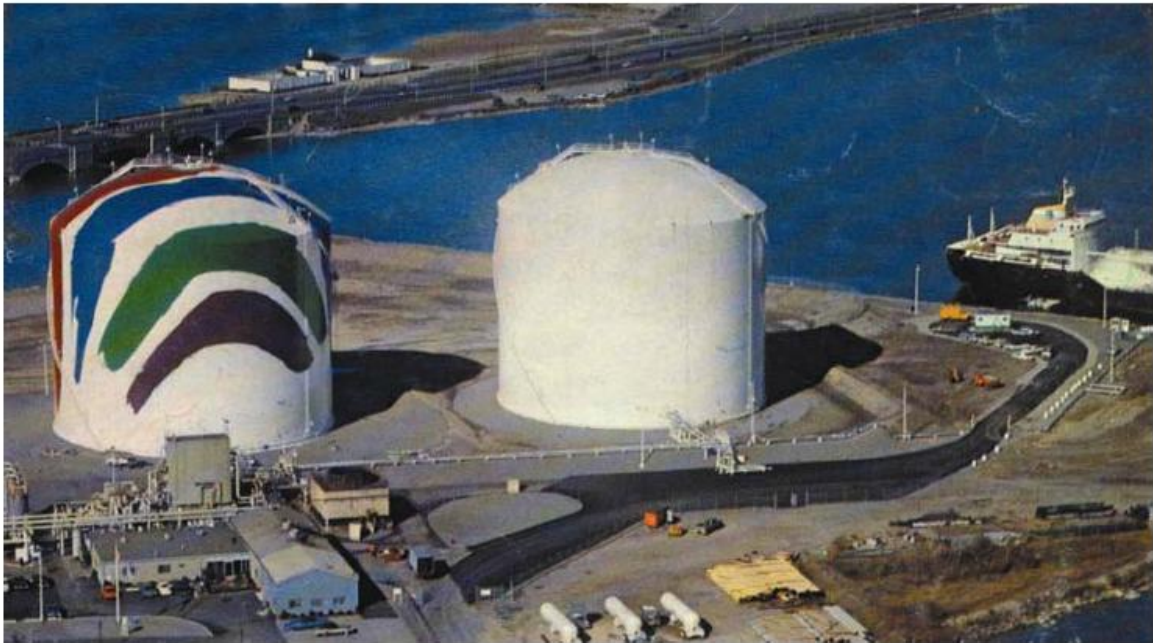
Segundo Trindade e Silva (2016), os tanques de teto fixo, além de serem os mais simples, são de maior predominância. São caracterizados por apresentar um corpo cilíndrico, cuja cobertura se encontra fixa em uma determinada estrutura, que pode ser um conjunto de colunas ou mesmo as bases laterais do tanque. Esse tipo de tanque pode ser classificado em: (i) tanque de teto cônico, caracterizado por uma cobertura no formato de um cone, atingindo dimensões de até 75 metros de diâmetro e 18 metros de altura; (ii) tanque de teto curvo, definido por uma cobertura que se aparenta ao formato da metade de uma esfera; e (iii) tanque de teto em gomos, que são decorrentes da modificação de teto curvo de tal forma que qualquer seção de corte horizontal do teto seja um polígono regular (este tipo de teto raramente é utilizado em projetos de tanques com diâmetros acima de 18 metros). Nas Figuras 8, 9 e 10 são mostrados os diferentes tanques de teto fixo.

Figura 8 - Tanque cilíndrico vertical de teto fixo cônico



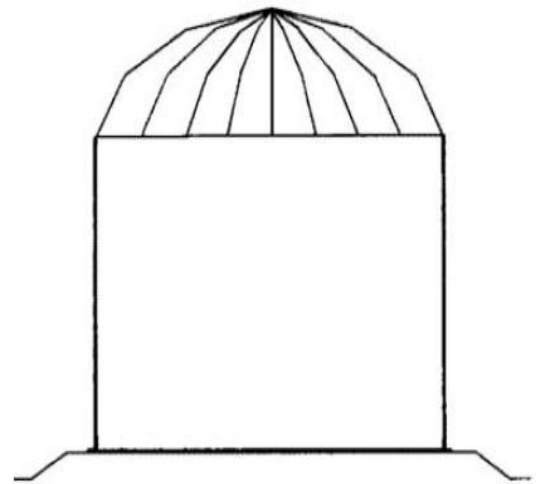
Fonte: Focus Metrologia (2018).

Figura 9 - Tanque cilíndrico vertical de teto fixo curvo



Fonte: Petrobras, 2010

Figura 10 - Tanque cilíndrico vertical de teto fixo em gomo



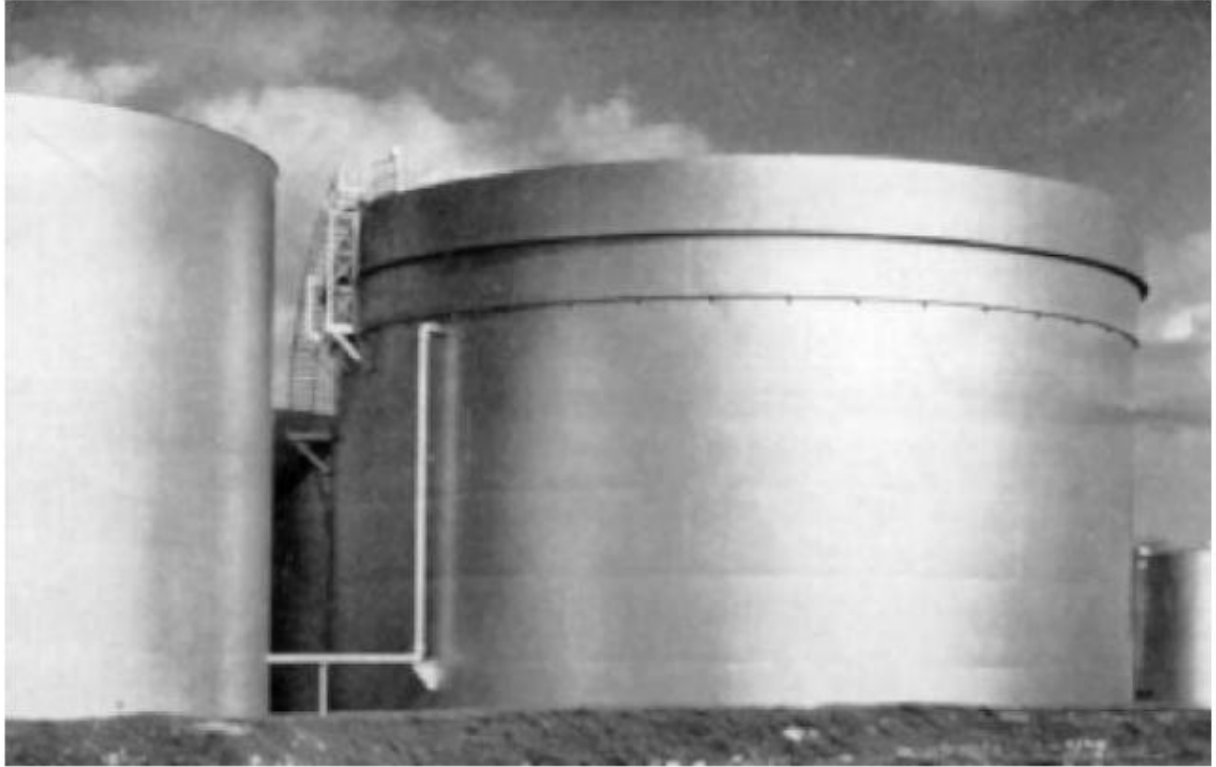
Fonte: Petrobras (2010).

2.5.3 Tanques de Teto Móvel

Os tanques de teto móvel são aqueles em que o teto se movimenta externamente ao costado, devido à pressão de seu espaço de vapor. Como mostrado na Figura 11 esse tipo de tanque necessita de selagem entre o teto e o costado para evitar as perdas por evaporação,

além de necessitar de dispositivos de segurança para evitar o excesso de pressão ou vácuo interno (BARROS, 2017).

Figura 11 - Tanque Cilíndrico de Teto Móvel

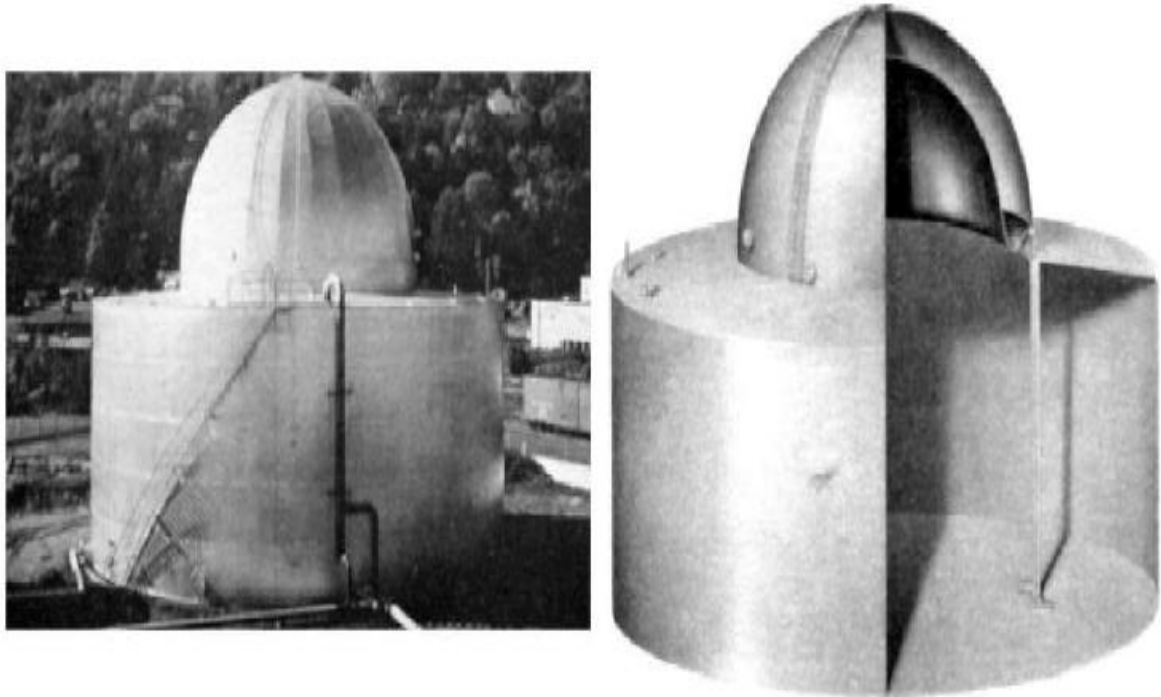


Fonte: Barros (2019).

2.5.4 Tanques de teto com diafragma flexível

Os tanques de teto com diafragma flexível (Figura 12) são caracterizados pela grande capacidade de variar o volume do espaço de vapor, em consequência da pressão de armazenamento. Essa variação é feita pela deformidade de um revestimento que age internamente. O diafragma flexível normalmente é fabricado de material plástico (nylon, neoprene, etc.) e deve ser resistente ao produto armazenado sob a forma de líquido ou vapor (CARDOSO, 2004).

Figura 12 - Tanque cilíndrico com diagrama flexível



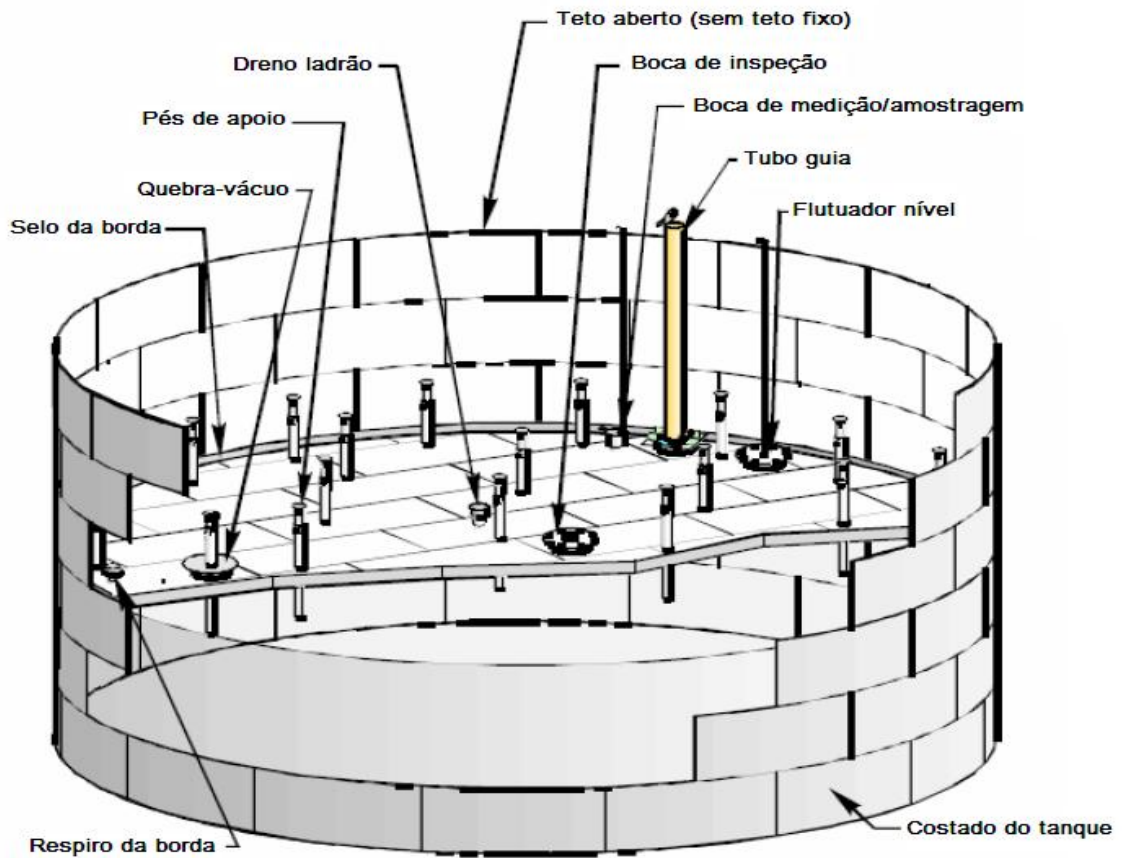
Fonte: Barros (2019).

Segundo Barros (2019), estes dois tanques mencionados acima (tanques de teto móvel e com diafragma flexível) são comumente utilizados em sistemas fechados com o objetivo de reduzir as perdas por evaporação, trabalhando como um tanque pulmão.

2.5.5 Tanques de Teto Flutuante

Segundo NUNES (2013), tanques flutuantes são aqueles nos quais o teto está diretamente apoiado na superfície do líquido armazenado, evitando que ocorra a formação de espaços de vapor (Figura 13). A cobertura se movimenta, portanto, nos períodos de esvaziamento e enchimento. A redução das perdas e emissões de produtos por evaporação é a principal razão pela qual esses tipos de tanques são escolhidos.

Figura 13 - Tanque de teto flutuante



Fonte: Focus Metrologia (2018).

A escolha dos tanques a serem utilizados no parque de armazenagem deve atender aos critérios determinados pelas normas regulamentadoras. Os aspectos que devem ser observados incluem a natureza do solo onde o tanque será construído, a facilidade de operação e acesso, a segurança operacional e a possível necessidade de ampliação.

De acordo com a norma técnica da Petrobras N-270, a seleção do tipo de tanque de armazenagem deve ser feita por meio de estudos adequados, levando em consideração as condições e requisitos ambientais, segurança operacional, custos do tanque, perdas operacionais e a qualidade exigida no produto armazenado (PETROBRAS, 2014), conforme indica o Quadro 2.

Quadro 2 - Recomendações dos tipos usuais de tanques

Produto Armazenado	Tipo de Tanque (selecionado conforme o projeto)
Produtos leves da faixa de gasolina e nafta leve. Petróleo cru.	- Tanque atmosférico de teto flutuante externo; - Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno; - Tanque atmosférico para pequena pressão interna. Segundo a API STD 650 “Anexo” F; - Tanque para baixa pressão de teto cônico. Segundo a API STD 620.
Gasolina de Aviação (GAV)	- Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno; - Tanque atmosférico para pequena pressão interna. Segundo a API STD 650 “Anexo” F; - Tanque para baixa pressão de teto cônico. Segundo a API STD 620.
Álcool etílico hidratado. Metanol	- Tanque atmosférico de teto flutuante externo; - Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno.
Biodiesel	- Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno; - Tanque atmosférico para pequena pressão interna. Segundo a API STD 650 “Anexo” F.
Álcool etílico anidro	- Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno.
Óleo diesel	- Tanque atmosférico de teto flutuante externo; - Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno.
Querosene de aviação (QAV)	- Tanque atmosférico de teto fixo; - Tanque atmosférico de teto fixo com teto flutuante interno.
Produtos da faixa do querosene ou mais pesados, tais como: a) Nafta pesada; b) Querosene; c) Óleo diesel; d) Resíduo de vácuo; e) Diesel do FCC (*Cycle-oil*); f) Óleo Combustível; g) Resíduos (*Slop*); h) Óleo lubrificante; i) *Flushing – oil*; j) Asfalto de cimento asfáltico; k) Lastro de navio.	- Tanque atmosférico de teto fixo.
Água bruta	- Tanque sem teto

Fonte: o próprio autor, com base na norma N-270 da Petrobras (2014).

Devido aos riscos de incêndio e explosões causados por vazamentos e ineficácia de capacidade de resposta diante dessas ocorrências a escolha do local e o material da chapa de construção e de soldagem dos tanques devem atender criteriosamente os aspectos relacionados às normas de segurança.

Art. 1 A localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Todos os projetos de construção, modificação e ampliação dos empreendimentos previstos neste artigo deverão, obrigatoriamente, ser realizados, segundo normas técnicas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT e, por diretrizes estabelecidas nesta Resolução ou pelo órgão ambiental competente. No caso de desativação, os estabelecimentos ficam obrigados a apresentar um plano de encerramento de atividades a ser aprovado pelo órgão ambiental competente. Qualquer alteração na titularidade dos empreendimentos citados no *caput* deste artigo, ou em seus equipamentos e sistemas, deverá ser comunicada ao órgão ambiental competente, com vistas à atualização, dessa informação, na licença ambiental. Para efeito desta Resolução, ficam dispensadas dos licenciamentos as instalações aéreas com capacidade total de armazenagem de até quinze m³, inclusive, destinadas exclusivamente ao abastecimento do detentor das instalações, devendo ser construídas de acordo com as normas técnicas brasileiras em vigor, ou na ausência delas, normas internacionalmente aceitas (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 273 /2000).

O descumprimento dos padrões de segurança estabelecidos poderá resultar em acidentes (podendo ocasionar até mortes dependendo do material estocado), fortes impactos negativos ao meio ambiente e perdas financeiras por parte da empresa gestora dos materiais, como no caso mostrado na Figura 14).

Figura 14 - Incêndio no polo industrial da Alemoa em Santos



Fonte: Ambiental legal (2015).

Neste acidente do polo industrial de Alemoa (Santos - SP), que até então é considerado o segundo maior acidente de incêndio no mundo, foram utilizados mais de 5 milhões de metros cúbicos de água e a quantidade de peixes mortos em decorrência do óleo derramado durante o incêndio é de mais de 10 toneladas (Figura 15).

Figura 15 - Impactos ocasionados pelo incêndio



Fonte: Ambiental legal (2015).

2.5.6 Bacias de Contenção

Os tanques de armazenamento devem estar inseridos no âmbito de bacias de contenção, projetadas para conter possíveis derrames. A norma brasileira NBR 505, que regulamenta a armazenagem de produtos, relata a necessidade de existência dessas bacias, assim como determina a capacidade mínima exigida, além de outros padrões que devem ser utilizados como base para sua construção.

De acordo com a norma, a bacia de contenção deve conter o volume equivalente ao seu maior tanque, mais 10% do somatório de todos os demais. É necessário também que as bacias sejam impermeabilizadas, a fim de evitar a contaminação do solo e de possíveis lençóis freáticos presentes na região. A limpeza e as ações de manutenção dos sistemas devem ser realizadas estritamente por pessoal especializado com as devidas ciência e autorização dos responsáveis pela segurança da unidade (CARDOSO, 2004).

2.6 Transporte de Petróleo e seus Derivados

O transporte é um dos gargalos das atividades de distribuição. Para que o produto demandado esteja na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo, ao menor custo possível é imprescindível que o transporte seja eficiente. No que concerne aos custos, representa, em média, cerca de 60% das despesas logísticas. Como trata-se de carga perigosa existem cuidados específicos relativos à segurança e qualidade dos produtos, bem como aplicação de conhecimentos próprios inerentes às operações com cargas líquidas de derivados de petróleo.

Modal é a forma ou método de transporte básico de uma mercadoria. As alternativas de modais de transporte na cadeia produtiva do petróleo e de derivados incluem as categorias dutoviário, rodoviário, ferroviário e hidroviário (fluvial e marítimo – através da cabotagem, que é a navegação entre dois portos da costa de um mesmo país ou entre um porto costeiro e um fluvial) (SARACENI, 2012).

O transporte do petróleo e de derivados líquidos pode ser feito por meio do modal dutoviário. Após a extração do petróleo nos poços de produção o mesmo é armazenado na unidade de produção e depois transportado em larga escala através de oleodutos, que são tubos, feitos de aço ou materiais não-metálico, responsáveis por transportar óleo e derivados líquidos. Podem ser terrestres (construídos em terra) ou submarinos (construídos no fundo do mar), interligando as plataformas com os terminais, e estes entre si e as refinarias. Polidutos (que movimentam sequencialmente hidrocarbonetos líquidos e outros combustíveis, tais como biodiesel ou etanol) são também considerados oleodutos

De acordo com a ANP (2020d), o oleoduto pode ser dito de transporte, quando movimenta o combustível em meio ou percurso considerado de interesse geral, ou denominado de transferência, quando o movimento do combustível ocorre em meio ou percurso considerado de interesse específico ou exclusivo do proprietário ou explorador. A ANP pode, caso haja comprovado interesse de terceiros em sua utilização, reclassificar dutos de transferência como dutos de transporte. Dutos que interligam pontos de atracação (pier, cais, monoboias e quadro de boias) a instalações são chamados de oleodutos portuários. No Brasil, a Transpetro e Logum são as principais operadoras de dutos, segundo a Empresa de Pesquisa Logística – EPL (EPL, 2021a).

Importantes centros de pesquisa desenvolvem projetos sobre tecnologias de dutos que versam sobre vários aspectos, tais como gerenciamento da corrosão, sistemas inteligentes de detecção de vazamentos, automação e operação, materiais, aumento da capacidade de

transferência, novas técnicas de projeto, construção e montagem etc. A análise de custo de transporte por este modal indica expressiva vantagem econômica, permitindo-se a redução de custos com fretes que influenciam os preços finais dos combustíveis, diminuição do tráfego de caminhões e vagões tanque e o aumento da segurança nas estradas e vias urbanas.

No entanto, embora o modal dutoviário possua as menores tarifas de transporte - além de ser um dos mais seguros - o mesmo ainda é insuficiente no Brasil, possuindo poucos dutos em operação. Segundo a EPL (2021b), a extensão da malha dutoviária brasileira, incluindo gasodutos, minerodutos e oleodutos, é de 23,3 mil km. Cerca de 42% dessa malha é utilizada para o transporte de combustíveis. Os dutos se concentram na região Sul e Sudeste, maiores consumidoras de combustíveis do país.

Grandes navios-tanques, conhecidos como petroleiros, também realizam esse transporte. As principais características dos navios-tanques petroleiros modernos são: construção com duplo fundo e cascos duplo, tanques de aço não pintados para petróleo e pintados de branco para derivados (diesel, gasolina, querosene) e tanques dedicados de lastro segregado (CBIE, 2021).

A logística do transporte se caracteriza como sendo uma das fases mais importantes da cadeia produtiva do petróleo e seus derivados, tendo em vista que é por essa via que os produtos chegam ao consumidor final. No geral, em grandes distâncias, como no caso do transporte de um país a o outro ou até mesmo em países com uma grande extensão territorial como no caso do Brasil, o meio de melhor custo-benefício é o navio petroleiro, que por sua grandiosidade tem aplicação no carregamento de cargas volumosa.

Na maioria dos casos a extração do petróleo ocorre em áreas distantes dos centros de consumo, por conta disso que o seu transporte para as refinarias exige um sistema complexo e especializado, no transporte por terra o rodoviário ainda toma conta da grande maioria dos transportes, mas o meio mais econômico e seguro é o de dutos que podem transportar uma grande quantidade de petróleo e reduzir os problemas de contaminação. Esta distribuição de derivados do petróleo caracteriza - se por transportar produtos de baixo valor e mínimo risco de obsolescência, por conta disso que é adotada uma política de antecipação à demanda de modo a atender aos pontos mais distantes do país (LIMA, 2012).

No Brasil os petroleiros são especialmente importantes, pois a maior parte da produção é realizada em plataformas *offshore*. Conforme mostram os dados divulgados pela ANP (2021a), em 2020, 83,96% da produção nacional foi extraída no mar.

No caso de derivados líquidos, o transporte por terra, feito por meio de modal rodoviário, é bastante utilizado para realizar entregas de produtos das bases das distribuidoras aos seus clientes. Na última década, é notável o aumento na quantidade de postos de combustíveis em determinadas regiões do país, desde interiores até as grandes cidades.

A entrega dos combustíveis aos postos é realizada por meio de caminhões-tanques. Alguns apresentam apenas um tanque, enquanto outros possuem tanques segmentados, possibilitando o transporte de mais de um tipo de produto. As capacidades dos tanques também variam e são estabelecidas por ocasião da aferição pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. A Resolução ANP N° 9 de 2007 estabelece que o revendedor varejista somente poderá receber no posto revendedor, combustível automotivo líquido de caminhão-tanque cujos compartimentos de entrada e saída, bocais de entrada ou escotilha superior e válvulas dos bocais de descarga, estejam lacrados pelo distribuidor, pela ANP e órgãos competentes.

O modal ferroviário faz uso de trens com vagões-tanques e é uma opção econômica para o deslocamento de grandes volumes de combustíveis. No entanto, esse tipo de transporte enfrenta claras dificuldades no Brasil, incluindo malha ferroviária restrita, com parte dela em condições precárias, poucos investimentos em manutenção e expansão por parte do governo e elevadas tarifas nos trechos entregues à administração pública. Segundo Corbage (2015), falta integração operacional na malha ferroviária brasileira, que é dificultada pela diversidade de bitolas adotadas no país, herança dos tempos imperiais. Somam-se a isso a localização dispersa e isolada de estradas de ferro, bem como a existência de linhas muito sinuosas e extensas. Com o propósito de fortalecer investimentos privados no transporte ferroviário, em agosto de 2021 foi publicada a Medida Provisória 1.065¹¹, que estabelece o novo Marco Legal das Ferrovias, com a reorganização das regras do setor. De acordo com o governo, a expectativa é que “a medida reduza a burocracia para a construção de novas ferrovias e inove no aproveitamento de trechos ociosos e na prestação do serviço de transporte ferroviário” (GOVERNO DO BRASIL, 2021).

Vale destacar que o petróleo e seus derivados, por suas propriedades, constituem o que se considera cargas perigosas. Que são todas aquelas cargas capazes de representar riscos aos trabalhadores, as instalações e ao meio ambiente. Segundo a Fetranspar (2018),

¹¹A Medida Provisória 1.065, de 30 de agosto de 2021, dispõe sobre a exploração do serviço de transporte ferroviário, o trânsito e o transporte ferroviários e as atividades desempenhadas pelas administradoras ferroviárias e pelos operadores ferroviários independentes, institui o Programa de Autorizações Ferroviárias, e dá outras providências.

anualmente mais de 360 acidentes, envolvendo produtos perigosos, são registrados nas estradas brasileiras. Na maioria das vezes esses acidentes ocasionam impactos negativos incalculáveis ao meio ambiente e a população do entorno. Muitos prejuízos ambientais perduram décadas e podem até mesmo causar danos irreversíveis. O que acaba não sendo diferente com os transportes marítimos. A competência para estabelecer normas técnicas e padrões relativos às operações de transporte aquaviário de cargas especiais e perigosas é da Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ, de acordo com o inciso XIX do art. 27 da lei 10.233/01.

O transporte de produtos perigosos por modal rodoviário é regido pela Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, mediante a Resolução nº 5848, de 25 de junho de 2019. A Resolução ANTT nº. 5.232/16 classifica os produtos perigosos em nove classes, estando a gasolina, o óleo diesel e o álcool na classe 3 (líquidos inflamáveis). Na movimentação de carga classificada como produto perigoso, o transportador tem de, obrigatoriamente, portar uma licença ambiental, emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama.

De acordo com o Ibama (2018), “a autorização ambiental para transporte de produtos perigosos é um documento exigido para o exercício da atividade de transporte marítimo e de transporte interestadual (terrestre e fluvial) de produtos perigosos”, conforme dispõe a Instrução Normativa Ibama nº 05, de 9 de maio de 2012 (IN 05/2012), e suas atualizações. Ainda segundo o órgão, a Lei Complementar nº 140/2011, no seu Art. 8º, estabelece, por sua vez, que “os transportadores que realizarem a atividade em apenas uma unidade da Federação (dentro de um estado ou do Distrito Federal) deverão seguir as regras de licenciamento ou autorização ambiental para o transporte de produtos perigosos editadas pelo respectivo órgão estadual de meio ambiente”.

Tanto no transporte como no armazenamento de petróleo e derivados os riscos potenciais de acidentes existem e podem resultar em desastres de grandes proporções, o que implica na necessidade de observação rigorosa das normas de segurança estabelecidas. Nesse cenário, um ponto de fundamental atenção é a prevenção contra incêndio, que está especialmente relacionada com o ponto de fulgor dos produtos - parâmetro que indica a menor temperatura na qual um combustível desprende vapores inflamáveis que em mistura com ar se inflamam na presença de uma fonte externa de calor, sem, contudo, manter a chama (DONATO 2012; SARACENI, 2012; CARDOSO, 2004).

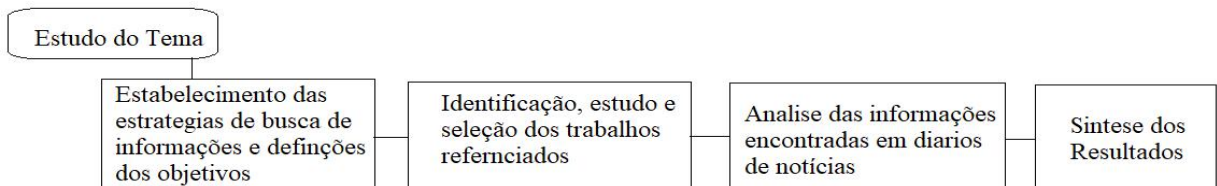
A norma NBR-17505-1 da ABNT classifica os produtos perigosos em três classes de acordo com o seu ponto de fulgor. As gasolinas automotivas e solventes constam nas classes I e II, em função dos seus baixos pontos de fulgor. Quanto mais baixo for o ponto de fulgor maior o risco e mais rigorosas serão as medidas que devem ser tomadas para prevenção de incêndios. Já o óleo diesel se enquadra na classe III. Ressalta-se que no caso de incêndios originados por combustíveis automotivos os extintores adequados são os de classificação B (próprios para líquidos inflamáveis), sendo do tipo pó químico seco, à base de bicarbonato de sódio ou outros compostos. Extintores de água pressurizada não devem ser utilizados. No caso de combustíveis que se misturam com água (como o álcool), extintores de espuma também não são indicados. Conforme enfatiza Cardoso (2004), os combustíveis têm características inerentes que lhe propiciam a queima (afinal seu propósito é esse), de modo que a segurança não está no produto em si, mas, sim, no seu manuseio.

3 METODOLOGIA

No presente trabalho são apresentadas informações gerais que fundamentam a temática petrolífera nacional, situando-a no momento atual (2021), em termos de número de reservas, produção e consumo. Além disso, foram levantados e descritos aspectos importantes relacionados às atividades de armazenamento e transporte realizadas no âmbito do fluxo da cadeia produtiva do petróleo e seus derivados no Brasil, com ênfase nas operações envolvendo cargas líquidas. Buscou-se também coletar e compilar, na forma de gráficos, dados quantitativos representativos da dinâmica dessas atividades no país, considerando um recorte temporal de doze anos (2009 - 2020).

Para tal, foram consultados diversos documentos e artigos da literatura, assim como relatórios de órgãos públicos e privados, nacionais e internacionais. Foram coletados dados e informações principalmente nos Anuários Estatísticos da ANP, assim como em publicações da EPE, EPL, IEA, ANTAQ e ANTT. Os resultados foram organizados em planilhas do Microsoft Excel e tratados de modo a se obter gráficos e tabelas que permitem melhor visualização e comparação dos dados e informações levantados. A sequência de passos utilizada na elaboração do estudo é descrita na Figura 16.

Figura 16 - Sequência de passos adotada no desenvolvimento do trabalho



Fonte: o próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados de Armazenamento nos Terminais

De acordo com os dados publicados pela ANP (2021a), em 2020, o Brasil dispunha em seu território de um total de 116 terminais autorizados para movimentação de petróleo, derivados e etanol, sendo 64 aquaviários (8 fluviais, 3 lacustres e 53 marítimos) e 52 terrestres.

Contabilizou-se, assim, um total de 2236 tanques, que juntos responderam por uma capacidade nominal de armazenamento de aproximadamente 14,89 milhões de m³. Desse total, 5,39 milhões de m³ (36,4%) se referiram ao petróleo, 9,06 milhões de m³ (60,9%) se destinaram aos derivados líquidos mais o etanol e 440,19 mil m³ (60,9%) corresponderam ao GLP.

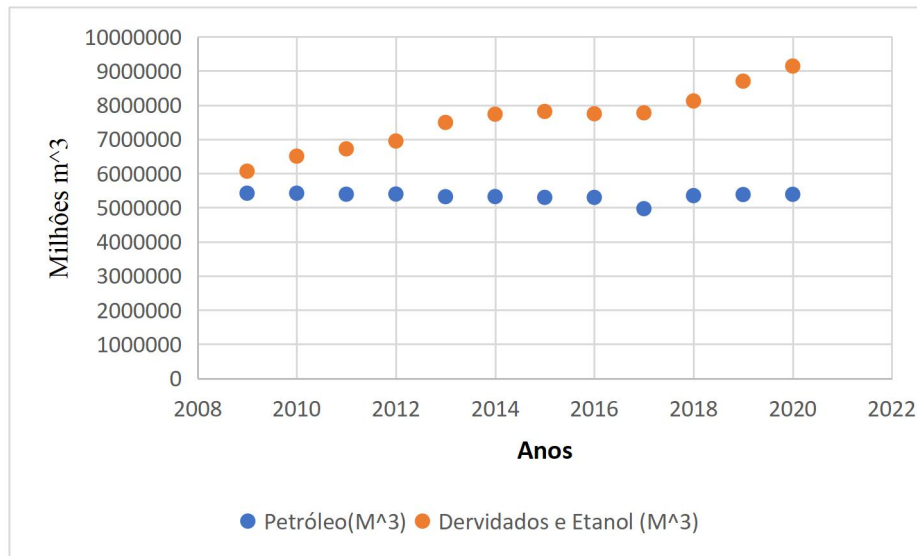
A maior parte da capacidade nominal de armazenamento se concentrou nos terminais aquaviários com 10,55 milhões de m³, com um conjunto de 1673 tanques (74,8% do total), tendo os lacustres a menor participação. Já os terminais terrestres responderam por um total de cerca de 4,34 milhões, com um conjunto de 563 tanques (25,2%).

De acordo com a Folhapress (2020), no Brasil, dada a complexidade de contruir dutos que operem o escoamento dos volumes de petróleo produzidos nos poços em alto mar, grande parte do que se produz é estocada em tanques localizados nas próprias plataforma de produção, sendo a Petrobras a empresa que mais faz uso de navios-plataformas. O autor relata que segundo a ANP, os navios-plataforma em operação em águas brasileiras podem guardar 87 milhões de barris de petróleo e em terminais e tanques de refinaria há espaço para outros 76 milhões de barris.

A Folhapress (2020) cita também que, em 2020, na ocasião em que decidiu aumentar a produção de suas refinarias, visando garantir o abastecimento de GLP e a produção de combustível de navegação, a Petrobras chegou a buscar distribuidoras com disponibilidade de tanques para armazenar temporariamente sua produção de gasolina - estratégia que foi vista como um indicativo de gargalos na capacidade nacional de armazenamento de derivados de petróleo durante a pandemia da covid-19, que provocou a queda do consumo de combustíveis automotivos no Brasil.

Na Figura 17 é mostrada a evolução das capacidades nominais de armazenamento do petróleo, seus derivados e etanol em terminais nacionais, considerando o período de 2009 a 2021.

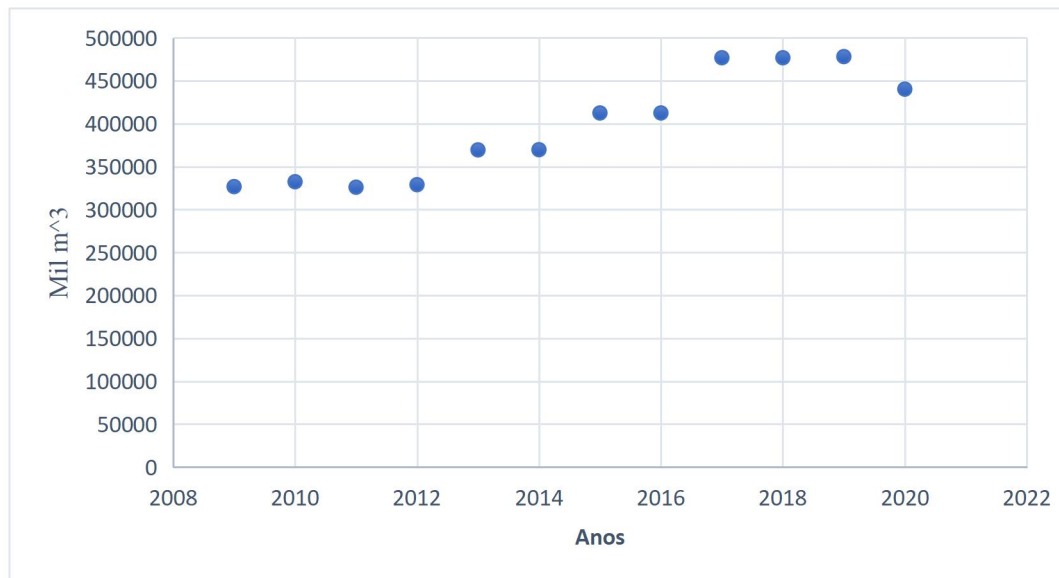
Figura 17 - Armazenamento de petróleo, seus derivados e etanol nos terminais no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborada pelo autor, com base em ANP (2021a).

Na Figura 18 é mostrada a evolução das capacidades nominais de armazenamento do GLP, considerando o período de 2009 a 2020.

Figura 18 - Armazenamento de GLP nos terminais no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborada pelo autor, com base em ANP (2021a).

O aumento do volume de derivados líquidos do petróleo e a redução dos quantitativos de GLP nos terminais de armazenamento, verificados no ano de 2020, estão relacionados a pandemia da covid-19. As medidas de isolamento social provocaram um decréscimo no consumo de combustíveis, aumentando o estoque desses produtos nos terminais de armazenamento. O volume de petróleo armazenado, por outro lado, não variou muito em relação 2019, refletindo o fato de que o Brasil na contramão da maioria de outros países produtores (que foram fortemente afetados pela baixa demanda na pandemia) não reduziu sua produção. Na verdade, em 2020, foi registrado um aumento de mais de 5% na produção nacional de petróleo, sendo uma parte do volume produzido absorvido pela demanda interna e a outra parte exportada para outros países.

Os dados da ANP (2021a) apontam que, em 2020, o consumo de gasolina C sofreu uma queda de 6,13%, chegando a um consumo de 35,82 bilhões de litros, enquanto que para o etanol hidratado combustível a baixa foi de 14,58% na comparação com 2019, com consumo de 19,26 bilhões de litros no ano de 2020.

Já as vendas de GLP somaram 13,60 bilhões de litros em 2020, o que representa um crescimento de 3,01% quando comparadas ao ano anterior. O acréscimo também tem relação com a pandemia, visto que, com a maior parte da população passando mais tempo em casa, houve maior procura pelo produto. Especula-se também, que as famílias que puderam, priorizaram a compra de um botijão extra, a fim de fugir da alta de preços que o GLP vem sofrendo desde 2020. Durante 2020, a Petrobras levantou, inclusive, a possibilidade de haver um desabastecimento do GLP (gás de botijão) no Brasil (AGÊNCIA O GLOBO, 2020).

A capacidade de armazenamento nacional de petróleo, derivados e etanol tem sido ajustado ao longo dos anos de modo a otimizar as operações. No ano de 2009, p.ex., o país detinha apenas 100 terminais autorizados dos quais nove serviam apenas para a coleta de etanol e os 91 restante para o armazenamento de petróleo, derivados e GLP, com um total de 1556 tanques de armazenamento e capacidade nominal de 11,8 milhões de metros cúbico.

No ano de 2010, o Brasil tinha 95 terminais autorizados. Apesar de em menor número, esses terminais respondiam por um total de 1653 tanques de armazenamento distribuídos entre petróleo, derivados, etanol e GLP com a capacidade nominal de 12,3 milhões de metros cúbicos em 2010. Um década depois, no de 2020, o país contava ao todo com 116 terminais autorizados para movimentação de petróleo, derivados e etanol, que juntos

dispunham de um total de 2236 tanques, com capacidade nominal de cerca de 14,89 milhões de m³.

Cabe mencionar que no período de 2009 a 2010, a produção do petróleo do pré-sal se estabeleceu no mercado. De acordo com os dados publicados pela ANP (2008a), com a descoberta do pré-sal o Brasil começou a produzir maiores quantidades de petróleo saindo de 1833 milhões de barris/dia em 2007 para 1899 milhões de barris/dia em 2008, o que corresponde a um crescimento de 3,6 %. Um ano depois, o país alcançou a marca de 2029 milhões de barris/dia, fortalecendo a partir daí a produção nacional e requerendo maior disponibilidade do parque de armazenamento do país.

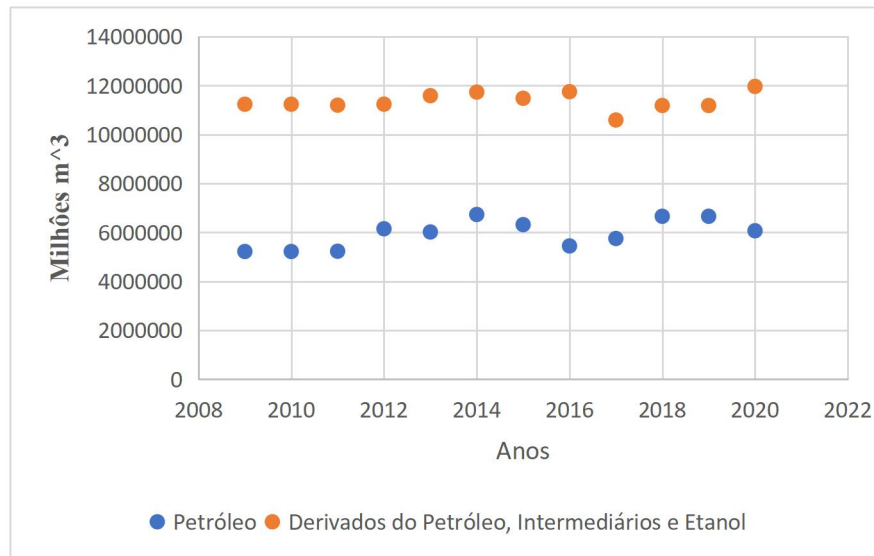
4.2 Dados de Armazenamento nas Refinarias

Durante o período de 2009 a 2020, as refinarias no Brasil tiveram a capacidade de armazenar de 5 a 7 milhões de metros cúbicos de petróleo e valores em torno dos 10 a 12 milhões de metros cúbicos de derivados, intermediários e etanol, como mostra a Figura 19. Ao longo desse tempo os valores vêm se mantendo próximos, mas com algumas flutuações, que estão relacionadas principalmente as alterações nos valores de exportação e importação do petróleo.

Na Figura 19 são mostradas as capacidades de armazenamento de petróleo, derivados e etanol nas refinarias brasileiras, de 2009 a 2020. A necessidade de importação impacta nos valores de armazenamento interno nas refinarias. Em 2015, p.ex., o volume total de derivados de petróleo importado pelo Brasil atingiu o menor patamar do período analisado (2009 - 2020), totalizando 25,7 milhões de m³.

No ano de 2015, o dispêndio com importação no país registrou uma queda de 50,2% em relação a 2014, ficando em torno de US\$ 9,7 bilhões. Já em 2017, o volume de derivados importado pelo país teve um aumento de 26,3% quando comparado ao ano anterior, totalizando 35,7 milhões de m³ e US\$ 13 bilhões de dispêndio (57,5% a mais que em 2016).

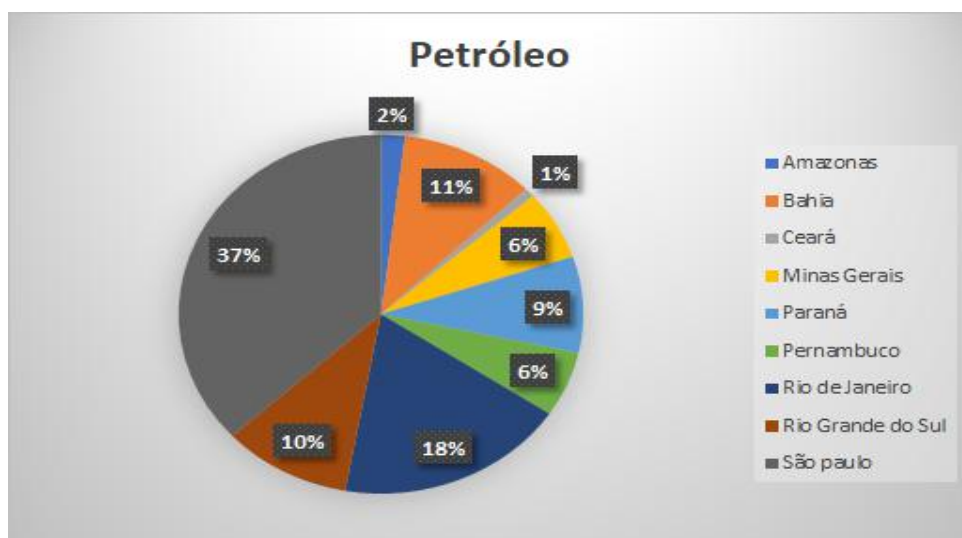
Figura 19 - Armazenamento do petróleo, derivados e etanol nas refinarias de 2009 a 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

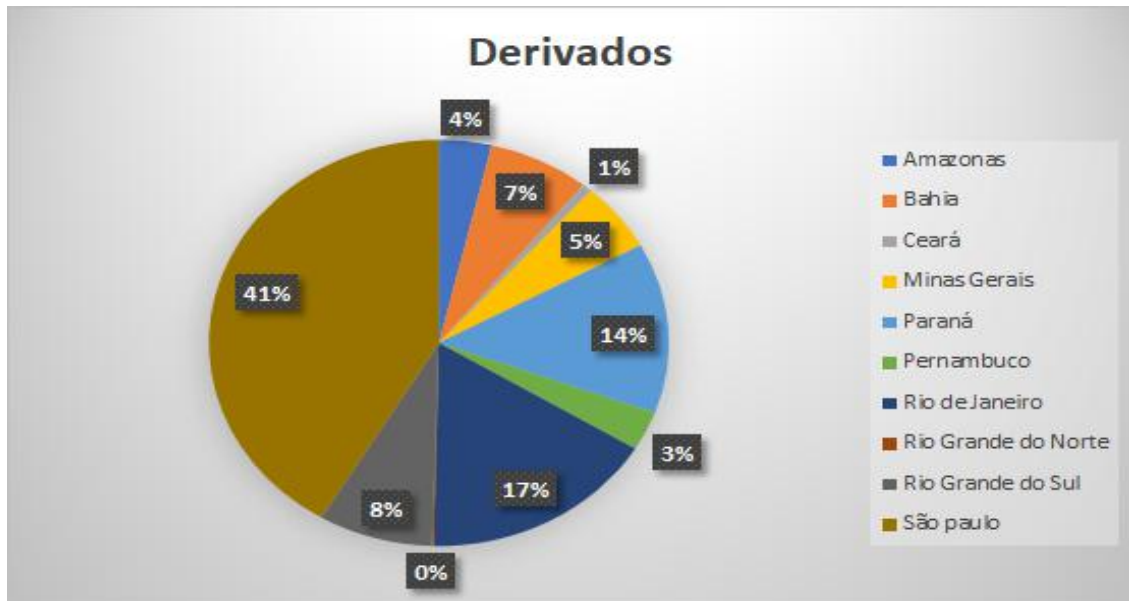
Nas Figuras 20 e 21 são mostrados os percentuais de participação dos estados no armazenamento de petróleo e derivados nos anos de estudo, no caso, de 2009 a 2020. Em 2020, o Brasil dispunha de um total de 17 refinarias espalhadas em todo o território nacional. Replan, Revap, RPBC, Recap e Univen pertencem ao estado de São Paulo. Reduc e Manguinhos pertencem ao Rio de Janeiro, Rlan e Dax pertencem ao estado da Bahia, Refap e Riograndense pertencem ao Rio Grande do Sul e Repar e Six pertencem ao Paraná. A Regap é de Minas Gerais, Reman do Amazonas, Rnest de Pernambuco e a Lubnor do estado do Ceará.

Figura 20 - Porcentagem de armazenamento do petróleo nas refinarias de cada estado no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

Figura 21 - Porcentagem de armazenamento dos derivados nas refinarias de cada estado no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

Cada um dos estados citados, com as suas respectivas quantidades de refinarias, contribui com alguma porcentagem nos valores de armazenamento do petróleo e derivados, mostrados nas Figuras 20 e 21. O maior destaque entre os estados é de São Paulo, seguido do Rio de Janeiro, Bahia e Rio Grande do Sul. Isso vale não só para o armazenamento do petróleo como também para o de derivados, que podem ser classificados como energéticos e não energéticos, sendo os energéticos a gasolina do tipo A, gasolina de aviação, GLP, óleo combustível, óleo diesel, Qav, querosene Iluminante e entre outros. Já os não energéticos temos o asfalto, coque, nafta, óleo lubrificante, parafina, solvente, entre outros.

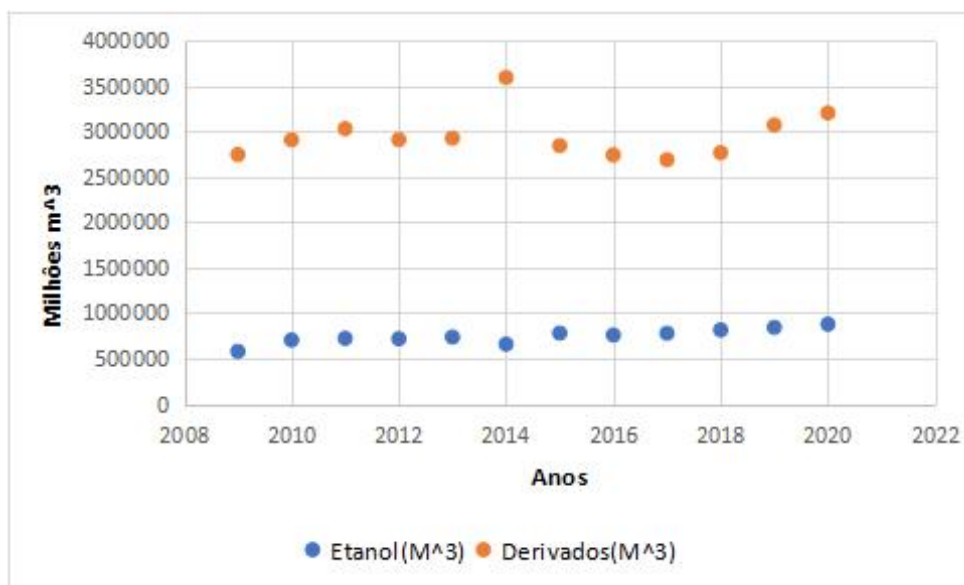
Ressalta-se que os gráficos das Figuras 20 e 21 foram elaborados com base nos dados anuais de cada estado e observou-se que mais da metade do petróleo armazenado nos tanques das empresas responsáveis no Brasil, está associada aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e Rio Grande do Sul, devido ao maior número de refinarias situadas nesses locais.

4.3 Dados de Armazenamento nas Distribuidoras

Na Figura 22 são mostrados os dados de armazenamento de derivados líquidos do petróleo (com exceção do GLP) e etanol nas distribuidoras, de 2009 a 2020. Em 2014, o

Brasil registrou o maior volume de armazenamento de derivados do período estudado (2009 - 2020). No ano de 2013 a capacidade nacional total de armazenamento de derivados de petróleo nas distribuidoras era de 2,9 milhões de m³, saltando para 3,6 milhões de m³ em 2014 (ano em que as vendas de derivados registraram uma alta de 4,8%). Por outro lado, a quantidade de bases disponíveis autorizadas pela ANP em 2014 caiu com relação ao ano anterior. Em 2014 havia no Brasil 291 bases de distribuição, contra 329 em 2013.

Figura 22 - Armazenamento de derivados do petróleo e etanol nas distribuidoras no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

Segundo a ANP (2021a), no ano de 2020 a capacidade nacional de armazenamento de derivados de petróleo foi de 3,2 milhões de m³, havendo 305 bases de distribuição de combustíveis líquidos com funcionamento autorizado pela ANP. A maior parte dessas bases são localizadas no Sudeste (94 bases) e no Sul (61) - juntas essas regiões respondem por pouco mais da metade do número de bases de distribuidoras disponíveis no Brasil.

Figueiredo (2006), baseado em estudos realizados pelo Centro de Estudos em Logística - CEL do Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração - Coppead da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em parceria com o Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, relata que as bases das distribuidoras no território nacional estão fundamentadas, em boa parte, na utilização de meios de transporte mais adequados para movimentação de grandes

volumes (ferrovias e dutos). A autora menciona também a “falta desses modais no Centro-Oeste e Norte do país para a realização de transferências entre bases ou entre refinarias-bases”.

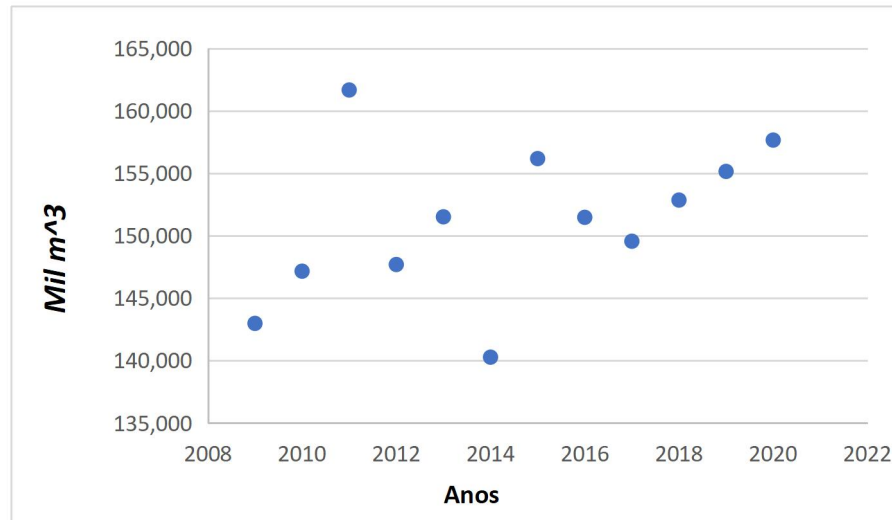
Vale mencionar que, em 2009, existia no Brasil um total de 508 bases distribuidoras, porém com uma capacidade inferior à da realidade atual, na qual tem-se um número menor de bases, mas com maior número de tanques de armazenamento. Em 2009, a região Norte, p. ex., era responsável por 56 bases, das quais 5 estavam localizadas no Acre, com capacidade total de armazenamento de 11.710 m³ de derivados e 2.458 m³ de etanol. Rondônia tinha 12 bases, nas quais 5.624 m³ eram destinados aos derivados e 10.228 m³ para o etanol.

Já em 2020 a região Norte teve um decréscimo de 12 bases de distribuição, saindo assim de 56 para 44, entretanto com aumento de tanques de armazenamento em algumas cidades. O objetivo é o de minimizar as bases e concentrar os tanques em um determinado local, como no caso do Acre que ficou, por fim, com 4 bases, correspondendo a uma capacidade de 20.000 m³ de etanol e 3.945.309 m³ de derivados. Rondônia perdeu 2 bases para o armazenamento de GLP e atualmente tem uma capacidade de armazenamento de 1.321.867 m³ de etanol e 5.407.300 m³ de derivados do petróleo.

Ao longo desses anos de 2009 a 2020, situação semelhante ocorreu com o GLP. Ao contrário do Acre, que nas suas 5 unidades o GLP não fazia parte dos seus produtos de reserva, a cidade de Rondônia nas suas 12 bases de distribuição tinha um valor nominal de 2.350 m³ de GLP de capacidade de armazenamento, valor este que também teve um aumento bastante significativo ao longo do tempo devido ao aumento de tanques de reservatórios, tendo hoje 630.640 m³ em dois tanques exclusivos para o produto.

Atualmente o Acre com 4 bases de distribuição possui um total de 3.7701 m³ de GLP. Acredita-se que esses baixos valores de armazenamento do GLP se dão pela demanda da época, atualmente pode-se observar que as condições são totalmente diferentes. A Figura 23 mostra a tendência de crescimento do nível nacional de armazenamento do GLP no período de 2009 a 2020. Além da região Norte do país, esse crescimento também foi verificado em estados como São Paulo, Rio e Bahia. No ano de 2020, a capacidade nacional de armazenamento de GLP foi de 157,7 mil m³, o que corresponde a 3,5% da capacidade total das distribuidoras no país.

Figura 23 - Armazenamento de GLP nas distribuidoras no período de 2009 a 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

Ressalta-se por fim que no cenário nacional de armazenamento, o Maranhão, situado na região Nordeste do Brasil, ganhou destaque no ano de 2021, se consolidando como um importante Hub de distribuição de combustíveis no país, com, segundo o governo do estado, uma capacidade de armazenamento de 5 bilhões de litros (GOVERNO DO MARANHÃO, 2021).

4.4 Dados de Transporte

De acordo os dados da CBIE (2021), os combustíveis fósseis tem a maior participação na matriz de transportes do Brasil, respondendo por 69,4% do total. Com a participação de fontes renováveis, em 2019, foram colocados no mercado 65 milhões de metros cúbicos de combustível, sendo, desse total, 37% de gasolina A, 63% de óleo diesel e 24,9% de etanol hidratado.

Em 2020, o Brasil tinha um total de 425 TRRs devidamente cadastradas na ANP. A região sul e sudeste detinha 40,9% e 29,17 %, respectivamente. Em seguida teve-se centro oeste, nordeste e o Norte com 18,82%, 5,64% e 5,41, respectivamente. Os estados com maior número de TRRs foram São Paulo e Paraná ambos com 17,17%. Rio Grande do Sul e Santa Catarina registraram, nessa ordem, 16,9% e 6,82%. As unidades com menor número são as cidades do Piauí e Tocantins com 0,94%, Maranhão, Ceará e Rio Grande do Norte ambas com 0,23% e o Distrito Federal com 0,004%.

A logística de mais de 50% desses operadores é realizada por meio do sistema de transporte rodoviário, caracterizados pela utilização de caminhões tanques para o manejo de gasolina, etanol e diesel, combustíveis que abastecem os veículos dos brasileiros. Essa logística também pode ser atendida por dutovias, ferrovias e hidrovias. Todas as alternativas exigem normas regulamentadoras específicas para as suas atividades, visto que apesar delas servirem de meios para a subsistência do ser humano acarretam grandes riscos.

No Brasil os dutos mais utilizados são os gasodutos e oleodutos e estão localizados em maior escala nas regiões costeiras - interligando as plataformas com terminais e estes entre si e as refinarias. A malha de distribuição em 2020 é composta por 564 dutos divididos de acordo ao material de circulação. Alguns são destinados a transferência e movimentação do combustível de um local para o outro formando assim, uma extensão total de 19,951 km como mostra a Tabela 5. As maiores demandas de combustíveis são provenientes do Sul e Sudeste, e essas correspondem as duas regiões onde se concentram as principais dutovias do país.

Tabela 5 - Quantidade de extensão de dutos em operação por funções

Produtos Movimentados	Dutos em Operação		
	Função	Quantidade	Extensão (Km)
Derivados	Transferência	283	1353
	Transporte	113	4412
Gás Natural	Transferência	62	2246
	Transporte	50	9306
Petróleo	Transferência	24	2142
	Transporte	5	106
Etanol	Transferência	19	17
	Transporte	8	369
Total		564	19951

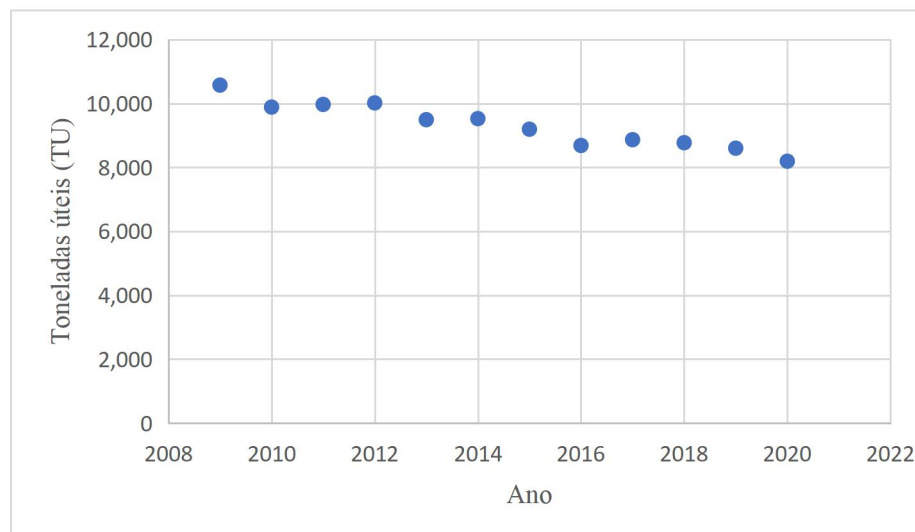
Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANP (2021a).

É importante salientar que o Brasil tem mais de 13 mil quilômetros de dutos em operação, sendo vigiados 24 horas por dia por um centro de controle, segundo estudos da Transpetro, responsável pela gestão de boa parte dos dutos do país. Em um único dia de transporte por dutos, mais de 20 mil caminhões tanques são retirados das vias (TRANSPETRO, 2021).

Apesar do governo não investir no modal de transporte Ferroviário, essa é uma das mais importantes vias de transporte de combustíveis em outros países, tal como na Alemanha. Segundo a EPL (2020a), o Brasil possui algumas linhas ferroviárias, como a EFC, EFPO, FCA, FNSTN, FTC, FTL, MRS, RMN, RMO, RMP E RMS, que são utilizadas para o transporte de cargas. As que mais se destacam no transporte dos combustíveis são as de Centro Atlântico (FCA), localizada em Minas Gerais, a ALL Malha Paulista, que vai de Paulínia - Sp em direção a região Centro - Oeste; e a ALL Malha Sul que é responsável por conectar o estado do Paraná ao Rio.

Além de derivados do petróleo, são cargas típicas do modal ferroviário: produtos siderúrgicos, grãos, minério de ferro, cimento e cal, adubos e fertilizantes, calcário e carvão mineral. No Anuário Estatístico das Ferrovias do Brasil 2020 e no Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias de 2020, encontram-se dados relativos à movimentação de cargas de cada ferrovia bem como as características referentes às malhas ferroviárias. Na Figura 24 são mostrados dados de transporte de derivados e álcool por ferrovias de 2009 a 2020.

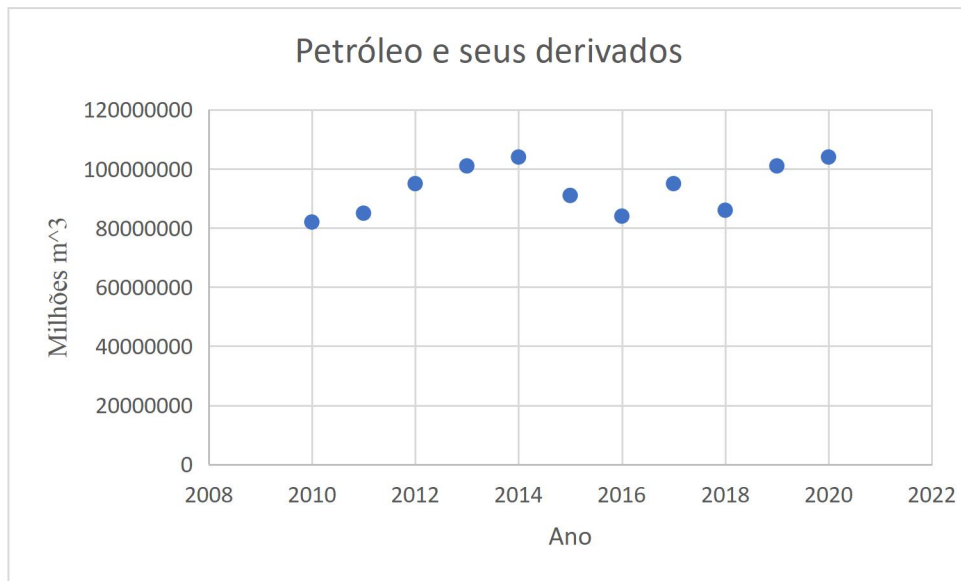
Figura 24 - Derivados do petróleo e álcool transportados em ferrovias no Brasil entre os anos de 2009 e 2020



Fonte: elaborado pelo autor, com base em ANTT (2020).

O único modal que não realiza o transporte de petróleo e derivados em território nacional é o aéreo. Ao longo dos últimos dez anos o volume de petróleo e seus derivados transportados pelos meios aquaviários tiveram um crescimento significativo, saindo de 8,2 para 10,4 milhões de barris em 2014, enfrentando decréscimos em 2015, 2016 e 2018 que totalizaram 0,2% do valor anterior, porém, atualmente o sistema é responsável por mover 10,4 milhões de barris de petróleo e seus derivados (Figura 25).

Figura 25 - Dados de Transporte de petróleo e Derivados no modal aquático



Fonte: Antaq (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria do petróleo no Brasil depende de uma cadeia produtiva complexa, que envolve uma série de atividades de grande heterogeneidade tecnológica e que se desenvolvem no âmbito do arcabouço legal estabelecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, órgão do Ministério de Minas e Energia - MME.

As atividades pertinentes ao armazenamento e transporte de petróleo e derivados líquidos são de relevância estratégica para o abastecimento do país e garantem, quando realizadas sob a ótica de uma logística coerente, integrada e eficiente, o suprimento de todos os produtos demandados pela sociedade. No cenário nacional petrolífero, em termos de transporte, destaca-se os benefícios de criar condições de ampliar o uso do modal ferroviário. No que se refere ao armazenamento, a capacidade nacional deve ser adequar a formação de estoques compatíveis com os fatores de risco associados.

A pandemia da covid-19, decretada oficialmente pela Organização Mundial da Saúde - OMS em março de 2020 e que se estende até o atual ano de 2021, provocou inúmeros transtornos no setor petrolífero e na economia mundial, reduzindo consideravelmente a demanda por petróleo e derivados, especialmente, por combustíveis, antes considerados essenciais. O consumo reduzido teve reflexos na produção mundial, nos preços praticados no mercado e, particularmente, no armazenamento de petróleo e derivados, uma vez que um excedente se formou, em uma situação de oferta maior que a demanda.

O mercado já vem mostrando sinais de recuperação, com os preços voltando aos patamares normais e o consumo se estabilizando novamente. No entanto, as incertezas ainda devem vigorar, uma vez que o cenário de pandemia persiste e há ameaças de necessidade de retorno das medidas de isolamento mais rígidas. Além disso, a indústria do petróleo tem pela frente o desafio de atravessar a transição energética, que já se projeta no mundo todo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA O GLOBO. **Petrobras alerta para risco de desabastecimento do gás de cozinha.** Disponível em: <<https://exame.com/negocios/petrobras-alerta-para-risco-de-desabastecimento-do-gas-de-cozinha/>>. Acesso em 02 de ago. de 2021>. Acesso em 02 de ago. de 2021.

AJAJ, C. **Monopólio do petróleo e a Emenda Constitucional N. 9, de 1995.** Dissertação (Mestrado em Direito Político e Econômico). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

ALBERTO, D. S. **Crude Oil Distillation Unit.** Monografia (Especialização em Gestão no Setor Petróleo e Gás). Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

ANDRADE, J. **18 maiores empresas brasileiras de capital aberto em 2020.** Forbes, 2020. Disponível em: <<https://forbes.com.br/listas/2020/05/global-2000-as-maiores-empresas-brasileiras-de-capital-aberto-em-2020/>>. Acesso em 02 de ago. de 2021.

ANF - AGÊNCIA NACIONAL FRANCESA. **Pandemia provoca grandes prejuízos para Shell e outros gigantes do petróleo.** Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/afp/2021/02/04/pandemia-provoca-grandes-prejuizos-para-shell-e-outros-gigantes-do-petroleo.htm?cmpid=copiaecola>>. Acesso em 03 de ago. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2021.** Gov.br, 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021>>. Acesso em 06 de ago. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira.** Gov.br, 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1>>. Acesso em 20 de jul. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Reservas nacionais de petróleo e gás natural.** Gov.br, 2020a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos/reservas-nacionais-de-petroleo-e-gas-natural>>. Acesso em 18 de jul. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Plano de Gestão Anual da Anp 2021.** Gov.br, 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-ogramas/planogestao2021.pdf>>. Acesso em 15 de jul. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2020.** Gov.br, 2020c. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2020>>. Acesso em 06 de ago. de 2021.

conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021>. Acesso em 06 de ago. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Oleodutos de Transporte e Transferência.** Gov.br, 2020d. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/oleodutos-de-transporte-e-transferencia>>. Acesso em 06 de ago. de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Tendências de longo prazo no cenário energético mundial: agência internacional de energia – WEO 2012.** Estudo Temático, 2013.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIOS. **Combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação; matérias betuminosas; ceras minerais.** Disponível em: QvsViewClient.aspx (antag.gov.br). Acesso em 05 ago. 2021.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestre. **Anuário do Setor Ferroviário.** 2020. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/noticia/aberta/-/asset_publisher/ES3IO01qMsue/content/id/120424>. Acesso em: 07 ago. 2021.

AMBIENTE LEGAL. **Muito Além do Fogo.** Disponível em <<http://www.ambientelegal.com.br/muito-além-do-fogo/>>. Acesso em: 12 de julho de 2021.

BARROS, G. S. B. **Desenvolvimento de um programa em VBA para automatização de projetos básicos de tanques de armazenamento.** Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

BARROS, H. A. A. **Determinação do número ótimo de poços de um reservatório black-oil e sua avaliação econômica.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia De Petróleo da Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza 2017.

BARROS, M. M. **Análise da flexibilidade do refino de petróleo para lidar com choques de demanda de gasolina no brasil.** Tese (Doutorado em Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

BENSCH, G.; PETERS, J.; SIEVERT, M. **The lighting transition in rural Africa - from kerosene to battery-powered LED and the emerging disposal problem.** Energy for Sustainable Development, v. 39, p. 13 - 20, 2017.

BLOOMBERG. **Fornecedora de armazenamento de petróleo está quase sem espaço.** Exame, 2020. Disponível em: <<https://exame.com/economia/fornecedora-de-armazenamento-de-petroleo-esta-quase-sem-espaco/2020>>. Acesso em 28 de jul. de 2021.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Estudos de alternativas regulatórias, institucionais e financeiras para a exploração e produção de petróleo e gás natural e para o desenvolvimento industrial da cadeia produtiva de petróleo e gás natural no Brasil.** São Paulo: Bain & Company/Tozzini Freire Advogados, 2009.

BOAMAR, P. F. A. **Combustíveis automotivos: especificações técnicas e legislação**. 1.ed. Santa Carina: Ed. Insular, 2010.

BORSATO; D. GALÃO, O. F.; MOREIRA, I. **Combustíveis Fósseis - Carvão e Petróleo**. Londrina: Ed. Eduel, 2007.

BP. **Statistical Review of World Energy 2021**. 70th edition, 2021.

BRASIL, N. I.; ARAÚJO, M.A.S.; SOUSA, E.C.M. **Processamento de Petróleo e Gás**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2014.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 273 de 29 de 11 de 2000**.

CARDOSO, L. C. B. **Preço do petróleo como determinante para o aumento das reservas e da disponibilidade energética**. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

CARDOSO, L. C. S. **Petróleo – Do poço ao posto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2005.

CARDOSO, L. C. S. **Logística do petróleo - Transporte e armazenamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004.

CBIE - CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA. **Como funcionam usinas térmicas?** Online, 2020. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/como-funcionam-usinas-termicas/>>. Acesso em 28 de jul. de 2021.

CEOLIN, M. **Pré-sal: como este recurso nacional está sendo aproveitado?** Politize, 2019. Disponível em: <<https://www.politize.com.br/pre-sal/>>. Acesso em 14 de jun. de 2021.

CHAVES, I. **O Brasil e a transição energética mundial**. Ilumina - Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Energético, 2019. Disponível em: <<http://www.ilumina.org.br/o-brasil-e-a-transicao-energetica-mundial/>>. Acesso em 10 ago. 2021.

CORRÊA, D. **Petróleo: produção na Bacia de Santos ultrapassa 70% do total nacional**. Agência Brasi, 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-05/petroleo-producao-na-bacia-de-santos-ultrapassa-70-do-total-nacional>> Acesso em 20 de jun. de 2021.

CORBAGE, C. O. **Logística brasileira: um estudo teórico do modal ferroviário**. Monografia (Graduação em Tecnologia em Gestão Pública) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

DONATO, V. **Logística para a Indústria do Petróleo, Gás e Biocombustíveis**. São Paulo: Ed. Érica, 2012.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Panorama do refino e da petroquímica no Brasil**. Nota Técnica DPG-SPT N° 04/2018. Rio de Janeiro, 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2020**. Ministério de Minas e Energia, 2020.

EPL - EMPRESA DE PESQUISA LOGÍSTICA. **Diagnóstico Logístico 2010 - 2020**. Brasília, 2021a.

FARAH, M. A. **Petróleo e seus derivados: definição, constituição, aplicação, especificações, características de qualidade**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2013.

FARIAS, R. F. **Introdução à Química do Petróleo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2008.

FERREIRA, F. G. **Classificação de petróleos**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

FIGUEIREDO, R. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira**. Ilos, 2006. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/gargalos-logisticos-na-distribuicao-de-combustiveis-brasileira/>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. **Curso de Direito da Energia-Tutela jurídica da água, do petróleo e do biocombustível**. São Paulo: Saraiva, 2009.

FETRANSPAR. **Atenção, carga perigosa**. Revista Fetranspar/Sest/Senat, n. 132, 2018.
FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. **Curso de Direito de Energia**. São Paulo: Ed. Saraiva, 2009.

FOCUS METROLOGIA. **Tanques cilíndricos verticais**. Página Online, 2018. Disponível em: <<https://focusmetrologia.com/2018/08/10/tanques-cilindricos-verticais/>>, 2018. Acesso em: 28 jul. 2021.

FOLHAPRESS. **Petrobras busca tanques de terceiros para estocar gasolina**. Online, 2020. Disponível em: <<https://www.folhape.com.br/economia/petrobras-busca-tanques-de-terceiros-para-estocar-gasolina/139445/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

GASPARETTO JUNIOR, A. **Crise do Petróleo**. Infoescola, 2014. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/economia/crise-do-petroleo/>>. Acesso em: 14 de jul. de 2021.

GONÇALVES, Y. V. **A Dinâmica sócio espacial do município de Macaé - RJ: a indústria do petróleo (re) estruturando o espaço**. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

GONÇALVES, F. S. **Petróleo e combustíveis industriais: mercado e aplicações**. Monografia (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GOVERNO DO BRASIL. **Marco Legal das Ferrovias vai fortalecer investimentos no transporte ferroviário**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2021/08/marco-legal-das-ferrovias-vai-fortalecer-investimentos-no-transporte-ferroviario>>. Acesso em: 31 de ago. de 2021.

GOVERNO DO MARANHÃO. **Com capacidade de armazenamento de 5 bilhões de litros, Maranhão se consolida como HUB de combustíveis.** Online, 2021. Disponível em: <<https://www.seinc.ma.gov.br/?p=239771>>. Acesso em: 29 de jul. de 2021.

IBAMA. **Autorização ambiental para transporte de produtos perigosos.** Online, 2018. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/conteudo-do-menu-superior/28-menu-superior-perguntas-frequentes/743-autorizacao-ambiental-para-transporte-de-produtos-perigosos>>. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

IBP - INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. **COVID-19 e os impactos sobre o mercado de petróleo.** Análise IBP, 2020. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2020/04/20200330-e-book-covid-19-e-os-impactos-sobre-o-mercado-de-petroleo-v2.pdf>> Acesso em: 09 de julho de 2021.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The future of petrochemicals towards more sustainable plastics and fertilisers.** Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD, 2018. Disponível em:

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/bee4ef3a-8876-4566-98cf-7a130c013805/The_Future_of_Petrochemicals.pdf>. Acesso em 28 de mai. de 2021.

JORNAL DO BRASIL. Em 2050, a energia mundial será gerada por fontes renováveis.

Página online, 2021. Disponível em: <<https://www.jb.com.br/economia/2020/11/1026759-em-2050-energia-mundial-sera-gerada-por-fontes-renovaveis.html>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

LAM, N. L. **Residential use of kerosene in low- and middle-income countries: pollutant emissions, markers of pollution, drivers and impacts.** Dissertation (Doctorate of Philosophy in Environmental Health Sciences) – Graduate Division of the University of California, Berkeley, 2014.

LIMA, E.; SANTOS, F.; LEONEL, I. **Transporte e logística do petróleo.** Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas. v. 1 n. 15, p. 87-93, 2012.

LUCCHESI, C. F. **Petróleo.** Dossiê Recursos Naturais - Estud. av., v. 12, n. 33, 1998.

LUSTOSA, M. C. J. **Meio ambiente, inovação e competitividade na indústria brasileira:**

MACHADO, E. L. **Petróleo e Petroquímica.** Núcleo de Estudos de Economias de Baixo Carbono. São Paulo, 2012. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Machado4/publication/303693117_ECONOMIA_DE_BAI_XO_CARBONO_AVALIACAO_DE_IMPACTOS_DE_RESTRICOES_E_PERSPECTIVAS_TECNOLOGICAS_PETROLEO_E_PETROQUIMICA/links/574dd9d208ae82d2c6be2560/ECONOMIA-DE-BAIXO-CARBONO-VALIACAO-DE-IMPACTOS-DE-RESTRICOES-E-PERSPECTIVAS-TECNOLOGICAS-PETROLEO-E-PETROQUIMICA.pdf>. Acesso em 02 de jun. de 2021.

MACHADO, N. **Registros de carros elétricos aumentaram 41% em 2020, diz IEA.**

Diálogos de Transição. EPBR, 2021. Disponível em: <<https://epbr.com.br/registros-de-carros-eletricos-aumentaram-41-em-2020-diz-iea/>>. Acesso em 10 de ago. de 2021.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino do petróleo.** Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

MARTINS, D. **Ipiranga: a trajetória de uma refinaria em Rio Grande (RS) rumo à MBEYCHOK**. Wikipedia, 2012. **Crude Oil Distillation Unit**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crude_Oil_Distillation_Unit.png> Acesso em 27 de jun. de 2021.

MARTINS, G; NETO, J. S. **Pandemia faz petróleo fechar abaixo de zero nos EUA pela primeira vez**. O Globo, 2020. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/pandemia-faz-petroleo-fechar-abaixo-de-zero-nos-eua-pela-primeira-vez-24383177>>. Acesso em 07 de jun. de 2021.

MELLO, M. **Pandemia da covid-19 gera maior crise do mercado mundial de petróleo em 30 anos**. Brasil de Fato, 2020. Disponível em: <<https://www.brasildefato.com.br/2020/04/08/pandemia-da-covid-19-gera-maior-crise-do-mercado-mundial-de-petroleo-em-30-anos>>. Acesso em 07 de jun. de 2021.

MIR-BABAYEV, M. Y. **Azerbaijan's Oil History - A Chronology Leading up to the Soviet Era**. Azerbaijan International, 2012. Disponível em: <http://azer.com/aiweb/categories/magazine/ai102_folder/102_articles/102_oil_chronology.html>. Acesso em 05 de mai. de 2021.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Reservas estratégicas e estoques de operação do sistema nacional de estoques de combustíveis**. Grupo de Trabalho MME/ANP/EPE/Petrobras, Brasília, 2015.

MONAY TIMES. **Preços do petróleo sobem com melhores perspectivas econômicas**. Disponível em: <https://www.moneytimes.com.br/precos-do-petroleo-sobem-com-melhores-perspectivas-economicas/>. Acessado aos 06 de 05 de 2021.

MORAES, J. M. **Petróleo em águas profundas - Uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea, Brasília, 2013.

MORSE, L. L. **Análise do crescimento do volume recuperável provado de campos de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

NUNES, C. P. **Uma metodologia de projeto de tanques atmosféricos verticais para armazenamento de petróleo e seus derivados**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OLIVEIRA, P. T. G. **Logística do Petróleo**. Monografia (Especialização em Logística Empresarial). Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, R. A. A. **Modelo matemático para avaliação ambiental e financeira da aplicação de dispositivos de controle de emissão em tanques de armazenamento: tetos flutuantes internos**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Coronavírus disseminado 2019 (COVID-19)**. Situation Report 67, 27 March 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/docs/default->

source/coronaviruse/situation-reports/20200327-sitrep-67-covid-19.pdf?sfvrsn=b65f68eb_4>. Acesso em 15 de mai. de 2021.

OPEP - ORGANIZAÇÃO DOS PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO. **Member Countries**. Home OPEC.org, c2021. Disponível em: <https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm>. Acesso em 13 de mai. de 2021.

PALMA, C. M. **Petróleo - Exploração, produção e transporte sob a ótica do direito ambiental**. Campinas: Ed. Millennium, 2011.

PEREIRA, C. A. A. **A ascensão do combustível fóssil: aspectos tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais da substituição da lenha pelo carvão mineral**. Revista Internacional de Ciências, v. 09, n. 02, p. 127 - 132, 2019.

PETROBRAS. **Preços de venda de combustíveis**. Online, 2021. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/precos-de-venda-de-combustiveis/>> Acesso em 22 de jul. de 2021.

PETROBRAS. **Projeto de tanque de armazenamento atmosférico**. Rev. F. N-270. Contec, 2014. Disponível em: <http://endi.net.br/admin/app.data/ma/20150915_100320_2591239048_9959433190.pdf>. Acesso em 20 de jul. de 2021.

PIQUET, R. **A cadeia produtiva do petróleo no Brasil e no norte fluminense**. Revista de Desenvolvimento Econômico, n. 22, p. 19 -27, 2010.

PIRES, A. **Surpresas para 2021**. Poder 360, 2021. Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/opiniaoeconomia/surpresas-para-2021-por-adriano-pires/>> Acesso em 17 de jul. de 2021.

POMINI, A. M. **A química na produção de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

QUEIROZ, M. S. **A utilização do petróleo e sua sustentabilidade no Brasil**. Monografia (especialista em Gestão Ambiental). Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2009.

QUEIROZ, M. M. **A Cadeia de produção do petróleo no brasil: o caso da indústria do apoio marítimo**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

QUINTAS, H.; QUINTANS, L. C. **A História do Petróleo no Brasil e no Mundo**. Coleção Direito do Petróleo. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Freitas Bastos, 2009.

RANGEL, J. **ANP atesta que Brasil atingiu auto-suficiência em petróleo já em 2006**. Globo Online, 2007. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/anp-atesta-que-brasil-atingiu-auto-suficiencia-em-petroleo-ja-em-2006-4216023>>. Acesso em 27 de jul. de 2021.

REIS, C. M. **Das margens do Marau no Brasil imperial à criação da Petrobras: 100 anos de geo-história do petróleo nacional**. Geo UERJ, n. 37, 2020.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; TASSINARI, C. C. G. **Pré-sal: geologia e exploração**. Revista USP, n. 95, p. 33-42, 2012. Rio de Janeiro: Ed. Muiiraquitã, 1997.

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, J.A.D. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**, Editora Interciência, 2006.

RONCHI, B. L. S. *et al.* **O petróleo e a primeira guerra mundial: consequências operativas e planejamento estratégico**. Revista Perspectiva, v. 8, n. 14, p. 57 - 72, 2015.

SAMORA, R. **Com produção de gás, Bacia de Santos supera Campos pela 1ª vez**. Exame, 2017. Disponível em: <<https://exame.com/economia/com-producao-de-gas-bacia-de-santos-supera-campos-pela-1a-vez/>>. Acesso em 14 de jul. de 2021.

SANTOS, S. **Conheça os países com maiores reservas de Petróleo do mundo**. O Petróleo, 2019. Disponível em: <<https://opetroleo.com.br/as-maiores-reservas-de-petroleo-do-mundo-por-pais/>>. Acesso em 16 de jul. de 2021.

SARACENI, P. P. Transporte marítimo de petróleo e de derivados. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2012.

SCHIAVI, M; T.; HOFFMANN, W. A. M. **Cenário petrolífero: sua evolução, principais produtores e tecnologias**. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 13, n. 2, p. 259 - 278, 2015.

SCHIAVI, Marcela Taiane: **Exploração E Produção De Petróleo: Uma Análise Do Patenteamento No Brasil**. Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos, 2016.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Petróleo e gás: informações para empresas fornecedoras de bens e serviços**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Informacoes%20sobre%20a%20Cadeia%20Produtiva%20do%20Petroleo.pdf>>. Acesso em 25 de abr. de 2021.

SENA, J. P. S. **O papel do petróleo no desenvolvimento econômico e seu impacto na dinâmica econômica mundial**. Monografia (Graduação em Engenharia de petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

SHAH, S. **A história do petróleo: entenda como e por que o petróleo dominou o mundo**. 1. ed. Porto Alegre: Ed. L&PM, 2007.

SILVA, R. D. S. **Contextualização do Setor Elétrico Brasileiro e o Planejamento da Infraestrutura no Longo Prazo**. Nota Técnica n. 69, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2020.

SIMAS, M. **Não se iluda: as maiores cias. de petróleo do mundo são estatais!** LinkedIn, 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/n%C3%A3o-se-iluda-maiores-cias-de-petr%C3%B3leo-do-mundo-s%C3%A3o-estatais-simas?trk=public_profile_article_view>. Acesso em 02 de ago. de 2021.

SIMÕES, A. J. F. **Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: desafios estratégicos no mundo e no Brasil.** In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE POLÍTICA EXTERNA E POLÍTICA INTERNACIONAL. 1, 2006, Rio de Janeiro. O Brasil no mundo que vem aí. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2007. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/86507696/%0bConferencia-Nacional-de-Politica-Externa>. Acesso em 25 julho. 2021.

SOARES, A. C.; LEAL, J. E.; AZEVEDO, I. R. **Diagnóstico da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil e sua representação em um SIG.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

SOUZA, R.G. **Petróleo, histórias das descobertas e o potencial brasileiro.** Niterói: Ed. Muiraquitã, 1997.

THOMAS, J.E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004.

TRANSPAR. **Atenção carga perigosa.** Revista Transpar/Sest/Senat, n. 132, 2018.

TRANSPETRO. **Transporte por dutos.** Disponível em: https://www.roubonosdutos.com.br/?gclid=Cj0KCQjwxdSHBhCdARIsAG6zhlUT3IwrhtboPEk4J6dLplv2P3tiq5_T3yZisPoK_znHAd2EwRiAV0aAh6nEALw_wcB. Acesso 23 de 07 de 2021.

TRINDADE, J. C.; SILVA, G. C. **Soldagem de Tanque de Armazenamento.** Monografia (Especialização em Engenharia de Soldagem). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

UCHÔA, M. **Extração do petróleo começou há cerca de 165 anos no Azerbaijão.** Jornal da Globo, 2014. Disponível em <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2014/04/extracao-do-petroleo-comecou-ha-cerca-de-165-anos-no-azerbaijao.html>>. Acesso em 13 de mai. de 2021.

VEJA ONLINE. **Maior petroleira do mundo perde quase metade de seu lucro em 2020.** Veja, 2021. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/mundo/maior-petroleira-do-mundo-perde-quase-metade-de-seu-lucro-em-2020/>>. Acesso em 02 de ago. de 2021.

VIANA, F. L. Indústria petroquímica. Banco do Nordeste. Caderno Setorial Etene, ano 5, n. 139, 2020.

VERSIGNASSI, A. **Petróleo: qual a diferença entre Brent e WTI?** VC S/A, 2020. Disponível em: <<https://vocesa.abril.com.br/dinheiro/petroleo-qual-a-diferenca-entre-brent-e-wti/>>. Acesso em 10 de jul. de 2021.

VIRDIN, J. et al. **The Ocean 100: Transnational corporations in the ocean economy.** Science Advances, v. 7, n. 3, 2021.