

# **PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS III**

## ***Petróleo e Gás Natural – Primeira Parte***



***Prof. Marcos Villela Barcza***

## 1- **Introdução:**

O petróleo é uma matéria-prima essencial à vida moderna, sendo o componente básico de mais de 6.000 produtos. Gasolina, óleo diesel, querosene de aviação (QAV), gás de cozinha, solventes, lubrificantes, borrachas, plásticos, tecidos sintéticos e até mesmo energia elétrica são exemplos de produtos oriundos do petróleo. O petróleo é responsável ainda por cerca de 34% da energia utilizada no Brasil e por 45% de toda energia nos Estados Unidos.

A caracterização mais sumária do petróleo pode ser dada pela equação qualitativa abaixo:

### **PETRÓLEO = MISTURA DE HIDROCARBONETOS (HC) + IMPUREZAS**

Ainda de forma simplificada, podemos definir petróleo (também chamado de óleo cru) como uma mistura complexa de hidrocarbonetos, contaminantes orgânicos e impurezas inorgânicas como água, sais e sedimentos.

Apesar de assemelhar-se a um produto líquido, o petróleo cru é uma emulsão constituída por componentes no estado líquido, no qual estão dispersos componentes gasosos e sólidos. Tem uma composição centesimal com pouca variação, à base de hidrocarbonetos de série homólogas. As diferenças em suas propriedades físicas são explicadas pela quantidade relativa de cada série e de cada componente individual. Os hidrocarbonetos formam cerca de 80% de sua composição. Complexos organometálicos e sais de ácidos orgânicos respondem pela constituição em elementos orgânicos. Gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e enxofre elementar respondem pela maior parte de sua constituição em elementos inorgânicos. Os compostos que não são classificados como hidrocarbonetos concentram-se nas frações mais pesadas do petróleo. A Tabela 01 apresenta análise elementar média do petróleo.

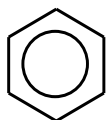
**Tabela 01** Análise elementar do cru típico (% em peso)

C	83 a 87%
H	11 a 14%
S	0,06 a 8%
N	0,11 a 1,7%
O	0,1 a 2%
Metais	<0,3%

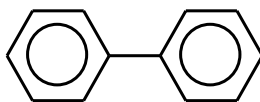
Os hidrocarbonetos são classificados como aromáticos, parafínicos, naftênicos e olefínicos de acordo com as formas de ligação dos seus átomos de carbono (Figura 01). Há no petróleo todas essas substâncias em proporções que variam de acordo com o tipo de petróleo.

**Figura 01** Exemplos de hidrocarbonetos.

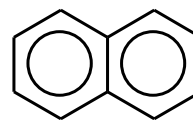
**AROMÁTICOS:**



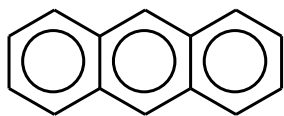
**BENZENO**



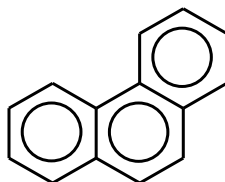
**FENIL BENZENO**



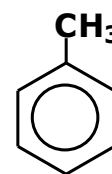
**NAFTALENO**



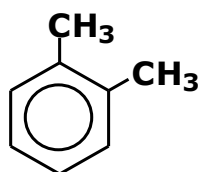
**ANTRACENO**



**FENANTRENO**



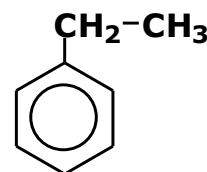
**TOLUENO**



***o*-XILENO**



***p*-XILENO**



**ETIL BENZENO**

**PARAFÍNICOS:**



**METANO**



**ETANO**



**BUTANO  
E  
ISOBUTANO**



**PENTANO  
E  
ISOPENTANO**

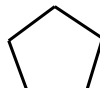
**NAFTÊNICOS:**



**CICLOPROPANO**



**CICLOBUTANO**



**CICLOPENTANO**



**CICLOHEXANO**

Há ainda uma quantidade de gases e sólidos dissolvidos ou dispersos na mistura líquida, composto principalmente por metano, etano e propano. Os

sólidos são hidrocarbonetos que contém acima de 18 átomos de carbono além das resinas e asfaltenos que se decompõe antes de vaporizar.

Impurezas ou contaminantes são encontrados no petróleo, derivam de elementos como enxofre (sulfetos, dissulfetos, benzotiofenos e mercaptanas), oxigênio (ácidos naftênicos), nitrogênio (piridina e pirrol), e metais (**ferro**, zinco, cobre, chumbo, molibidênio, cobalto, arsênio, manganês, cromo, sódio, **níquel** e **vanádio**). Outras impurezas inorgânicas importantes são água, sais, argila, areia e sedimentos.

Estes contaminantes trazem uma série de inconvenientes tanto durante o seu processamento quanto na utilização final de derivados:

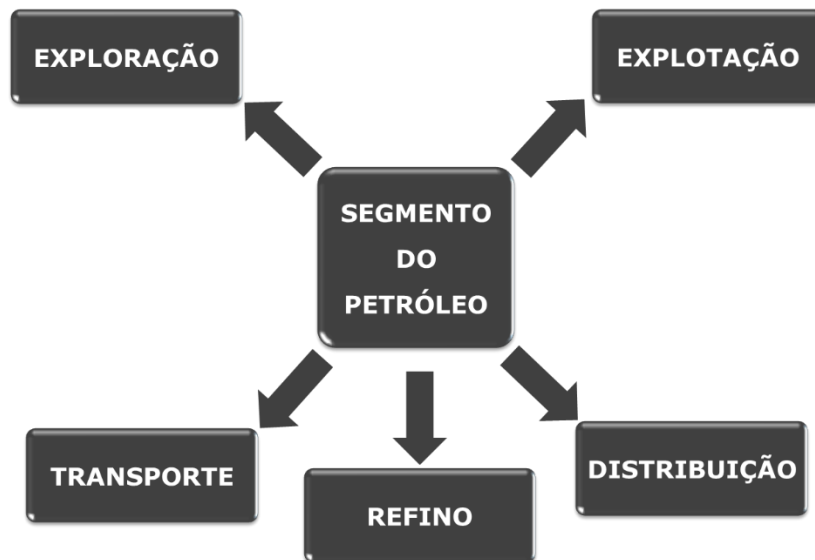
- Estabilizam as emulsões (S e N);
- São termicamente estáveis (N);
- Afetam a acidez (O);
- Corrosão dos materiais (S, N e O);
- Contaminam os catalisadores (S, N e Metais);
- Tornam instáveis os produtos finais (N);
- Conferem cor e odor aos produtos finais (S, N e O);
- Geram poluentes:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  e  $\text{CO}_x$ .

Todos os tipos de petróleos contêm efetivamente os mesmos hidrocarbonetos, porém em diferentes quantidades. A quantidade relativa de cada classe do hidrocarboneto presente é muito variável de petróleo para petróleo. Como consequência, as características dos tipos de petróleo serão diferentes, de acordo com essas quantidades. No entanto, a quantidade relativa dos compostos individuais dentro de uma mesma classe de hidrocarbonetos apresenta pouca variação, sendo aproximadamente da mesma ordem de grandeza para diferentes tipos de petróleos.

## 2- Segmento do petróleo:

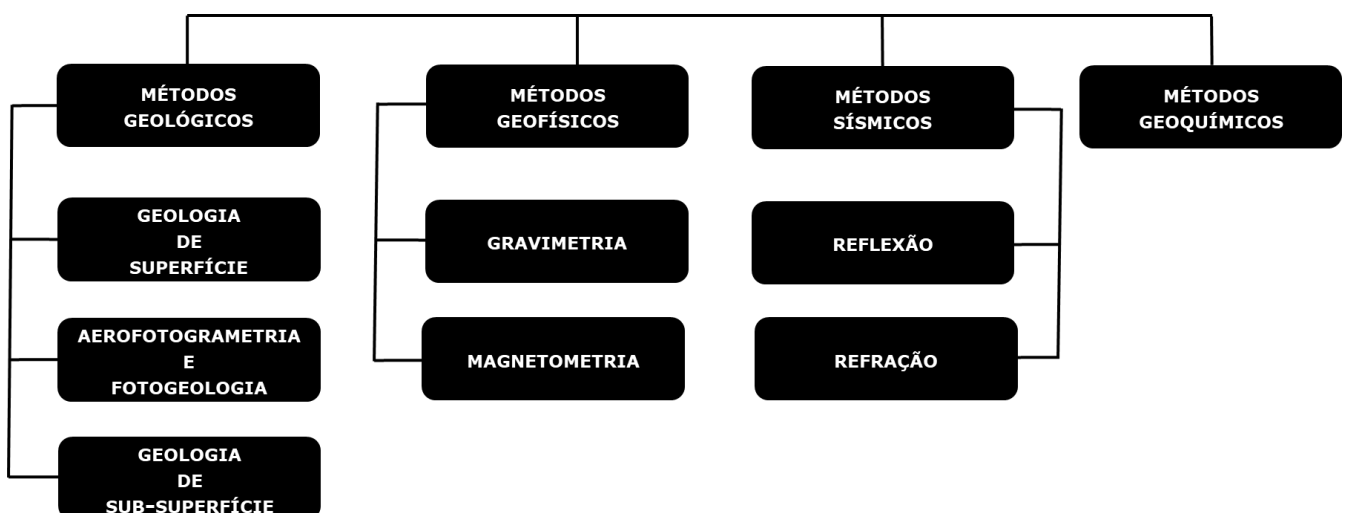
O segmento do petróleo é composta de cinco áreas constitutivos básicos (Figura 02):

**Figura 02** Indústria do petróleo.



A exploração envolve a observação das rochas e a reconstrução geológica de uma área, com o objetivo de identificar novas reservas petrolíferas. A Figura 03 mostra os métodos utilizados para prospectar possíveis locais que podem conter reserva de petróleo.

**Figura 03** Exploração sísmica em terra e mar.



A prospecção de petróleo é uma atividade dispendiosa e demorada para apresentar resultados, e envolve o levantamento de dados, estudos sísmicos e análises dos dados, em que se verifica a possibilidade de uma bacia sedimentar acumular petróleo.

Um programa de prospecção visa fundamentalmente a dois objetivos: (i) localizar dentro de uma bacia sedimentar as situações geológicas que tenham condição para acumulação de petróleo; e (ii) verificar qual, dentre estas situações, possui mais chance de conter petróleo. Não se pode prever, portanto, onde existe petróleo, e sim, os locais mais favoráveis para sua ocorrência. A prospecção pode ser realizada por dois métodos, geológicos e geofísicos.

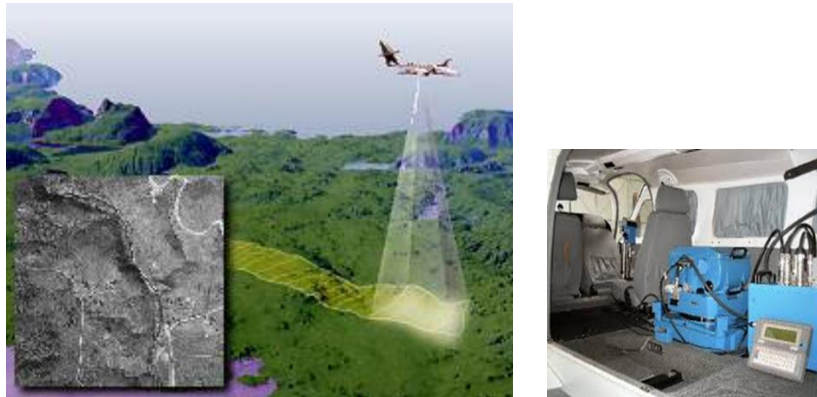
Os métodos geológicos baseiam-se no fato de que apenas rochas sedimentares podem acumular petróleo, não existindo, no entanto, métodos diretos de pesquisa de petróleo em terrenos sedimentares. Elas são realizadas por métodos indiretos, que colocam em evidência as possíveis armadilhas que podem ocorrer em um dado terreno. Por meio de um estudo detalhado, pode-se reconstituir a forma de armadilhas profundas em terrenos onde a sinuosidade das camadas mais profundas se prolonga até a superfície. Para efetuar este estudo, os geólogos percorrem o terreno verificando a idade do solo, suas inclinações e a direção dessas inclinações, chamada de geologia de superfície (Figura 04).

**Figura 04** – Geologia de superfície

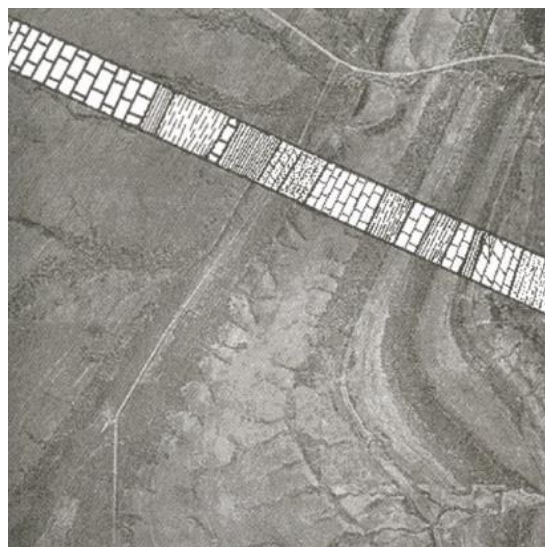


Outro método, a aerofotogrametria, é utilizada para construção de mapas base ou topográficos e consiste em fotografar o terreno utilizando-se um avião devidamente equipado, voando com latitude, direção, e velocidades constantes (Figura 05). Por último, fotogeologia, consiste na determinação dos aspectos geológicos a partir de fotos aéreas, onde dobras, falhas e outras falhas geológicas são visíveis (Figura 06). Estes métodos permitem reconstituir as camadas geológicas do terreno.

**Figura 05 – Aerofotogrametria**



**Figura 06 – Interpretação de foto geológica (Fotogeologia)**



Freqüentemente um estudo geológico não é possível de ser realizado devido à forma do terreno, pois as camadas mais profundas estão mascaradas por modificações que ocorreram ao longo da história. Os métodos geofísicos completam o conhecimento geológicos, os quais podem ser, entre outros, dos tipos: qualitativos e quantitativos.

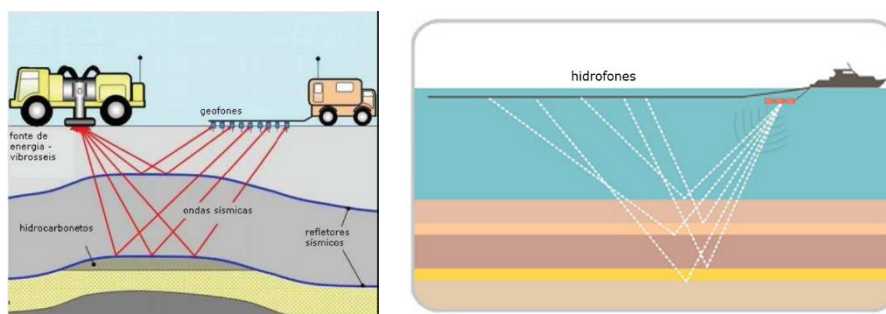
Considera-se métodos qualitativos a gravimetria, magnometria e elétrico. O método gravimétrico se baseia na variação da gravidade através de camadas mais densas encontradas em estruturas anticlinais, enquanto o magnético, similarmemente, se baseia na variação do campo magnético da Terra, que é influenciado pela estrutura das rochas existentes, dando indicações das estruturas possíveis de ocorrer. Os métodos elétricos são também utilizados como primeira investigação, com base na diferença de resistividades dos

terrenos sedimentares, quando se transmitem correntes elétricas através deles. Em alguns casos, os resultados podem ser interpretados de forma quantitativa.

Os métodos sísmicos, de reflexão e de refração fornecem resultados quantitativos, sendo os de reflexão o mais utilizados na prospecção de petróleo. Pela sísmica de reflexão, as ondas sonoras criadas e propagadas através de um terreno pela sua explosão se propagam e se refletem, permitindo a separação entre terrenos sedimentares de natureza diferente, por exemplo, argila de calcário. Os estudos sísmicos levam em conta o tempo necessário para que as ondas se reflitam, o que dá indicações de profundidade dos terrenos. A sísmica de refração utiliza a diferença de velocidade de transmissão das ondas através de elementos constituintes do subsolo. Essas velocidades variam bastante, desde 300 m/s no ar, 1.475 m/s na água do mar, 1.800 m/s na argila, 3.000 m/s no calcário até de 5.000 a 6.000 m/s em rochas cristalinas. Os dispositivos de sismografia são colocados em uma superfície suficientemente vasta, de alguns quilômetros, para que se obtenham, de forma precisa, diferenças de tempo notáveis que deem segurança aos estudos.

Aquisição de dados sísmicos (terra e mar) são realizadas através da geração de uma perturbação mecânica em um ponto da superfície e o registro das reflexões em centenas de canais de recepção (128 a 1024) ao longo de uma linha reta (Figuras 07).

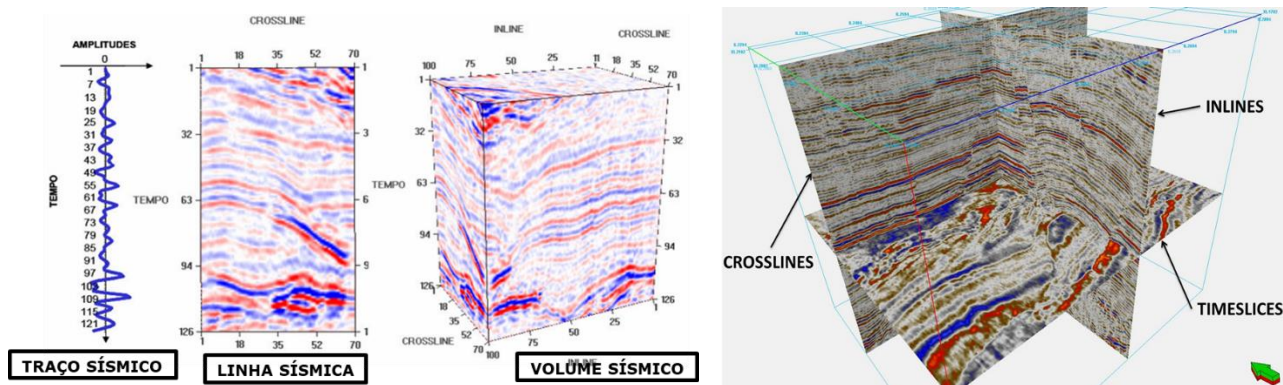
**Figura 07** – Aquisição de dados sísmicos (terra e mar)



Mais de 90% dos investimentos em prospecção são aplicados em sísmica de reflexão. Os resultados finais são imagens das estruturas e camadas geológicas em subsuperfície, apresentadas sob as mais diversas formas.

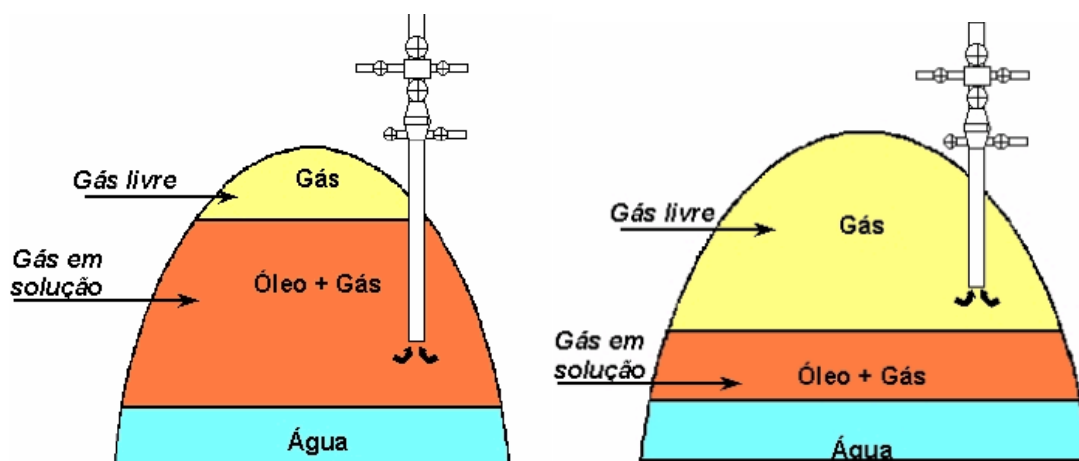


**Figura 08** – Imagens de estruturas e camadas geológicas



O petróleo é encontrado em equilíbrio com excesso de gás natural (gás associado ou livre), água e impurezas, e contém certa quantidade de gás dissolvido (gás em solução) e água emulsionada. A quantidade relativa dessas fases determina o tipo de reservatório (Figura 09).

**Figura 09** - Reservatório produtor de óleo e produtor de gás.



Durante a exploração, são empregadas técnicas de desenvolvimento e produção da reserva após comprovação de sua existência. O poço é então perfurado e preparado para produção, caracterizando a fase de completação.

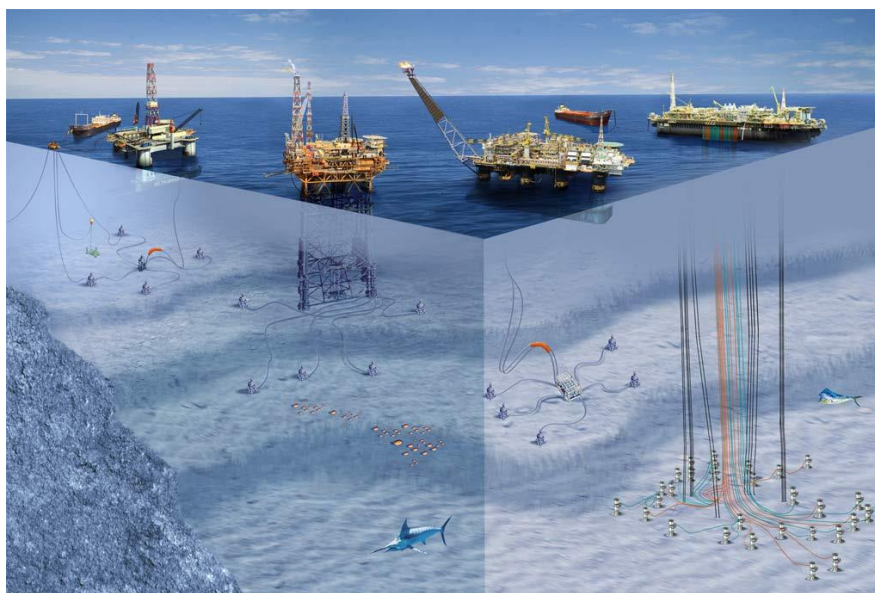
Em reservas terrestres (**on shore**), dependendo das condições físicas do poço, a produção é feita através de bombeamento mecânico (Figura 10), injeção de gás ou injeção de água.

**Figura 10** - Bombeamento mecânico de petróleo em terra.



Em reservas marítimas (**off shore**), por sua vez, a produção poderá ser feita em plataformas fixas, plataformas auto eleváveis (em águas rasas: aproximadamente 90 m) ou plataformas semissubmersíveis e auxiliadas por navios-sonda. Em determinados casos, pode haver integração entre esses métodos e adaptações (Figura 11).

**Figura 11** - Tipos de plataformas para bombeamento de petróleo em mar.



A produção é então enviada (transporte) por navios-tanques, oleodutos ou gasodutos aos terminais e refinarias de óleo ou gás. Há uma extensa rede de dutos que interligam campos petrolíferos, terminais marítimos e terrestres, bases de distribuição, entre outros. A malha de transporte no país é formada por cerca de 15.000 km de dutos, 53 terminais (10 Marítimos, 3 fluviais, 29 terrestres e 11 terminais em portos de terceiros) e um sistema de

armazenamento com capacidade para 450 milhões m<sup>3</sup> de produtos. O sistema de transporte se completa com a frota com cerca de 120 navios-tanques, dos quais 64 são próprios, representando uma capacidade de 7 milhões de toneladas de porte bruto.

É um sistema integrado que faz a movimentação dos produtos de petróleo dos campos de produção para as refinarias, quando se trata de petróleo produzido no país, ou a transferência do petróleo importado descarregado nos terminais marítimos para as unidades de refino. Depois de processados nas refinarias, os derivados passam também pela rede de transporte em direção aos centros consumidores e aos terminais marítimos, onde são embarcados para distribuição em todo o país.

O gás natural é transferido dos campos de produção para as plantas de gás natural, onde, depois de processado para retirada das frações pesadas, é enviado aos grandes consumidores industriais e rede de distribuição domiciliar.

Os dutos são o meio mais seguro e econômico para transportar grandes volumes de petróleo, gás natural e derivados a grande distância.

O refino do petróleo compreende uma série de operações físicas e químicas interligadas entre si que garantem o aproveitamento pleno de seu potencial energético através da geração dos cortes, ou produtos fracionados derivados, de composição e propriedades físico-químicas determinadas. Refinar petróleo é, portanto, separar suas frações e processá-las, transformando-o em produtos de grande utilidade.

Na instalação de uma refinaria, diversos fatores técnicos são obedecidos, destacando-se sua localização, as necessidades de um mercado e o tipo de petróleo a ser processado. A refinaria pode, por exemplo, estar próxima a uma região onde haja grande consumo de derivados e/ou próxima a áreas produtoras de petróleo.

Os produtos finais das refinarias são finalmente encaminhados às distribuidoras, que os comercializarão (distribuição).

A Figura 12 mostra a interligação das áreas no segmento do petróleo.

**Figura 12** - Interligação das áreas no segmento do petróleo.

