

## 4. O PETRÓLEO E SEU TEOR DE ENXOFRE

### 4.1. INTRODUÇÃO

A palavra petróleo vem do latim, petrus, “pedra” e oleum, “óleo”, extraído das rochas denominadas de **Rocha Reservatório**.

Na natureza, o petróleo cru está nos poros das rochas reservatórios, cuja permeabilidade irá permitir a sua produção. Quando as rochas sedimentares possuem permeabilidade elevada, favorecem a ocorrência de reservatórios de petróleo.

O petróleo quando extraído no campo de produção é chamado óleo cru e, a depender da rocha reservatório de onde o mesmo foi extraído, pode apresentar diversos aspectos visuais e características diferentes. Por isso, ele se apresenta em várias cores, variando entre **o negro e o castanho escuro**, tendo caráter **oleoso, inflamável, menos denso que a água**, com cheiro característico e composto, basicamente, por **hidrocarbonetos**. A distribuição de percentuais de hidrocarbonetos na composição do petróleo bruto define os diversos tipos de petróleo.

O petróleo no seu estado natural também contém proporções menores de contaminantes (**enxofre -S, nitrogênio - N, oxigênio - O e metais, como níquel - N, ferro - Fe, Cobre - Cu, Sódio - Na e Vanádio - V**).

Particularmente, os contaminantes que **contém enxofre** causam problemas no **manuseio, transporte e uso dos derivados** que estão presentes.

- a) manuseio - redução de eficiência dos catalisadores nas refinarias; catalisadores são agentes facilitadores que transformam frações mais pesadas em outras mais leves através de quebras de moléculas dos compostos reagentes.
- b) transporte - corrosão em oleodutos e gasodutos;
- c) derivados - causam poluição ambiental se presentes em combustíveis derivados do petróleo.

De acordo com o teor de enxofre o óleo é classificado ainda em:

- a) **óleo doce** - apresenta baixo conteúdo de enxofre (menos de 0,5 % de sua massa);
- b) **óleo ácido** - apresenta teor elevado de enxofre (bem acima de 0,5 % de sua massa).

Os petróleos ácidos são os que possuem compostos de enxofre em alta percentagem, tendo cheiro peculiar. Estes contêm gás sulfídrico, que é perigosamente tóxico. Os óleos doces não contêm gás sulfídrico.

Chaminés, filtros e outros dispositivos evitam a emissão de gases, vapores e poeiras para a atmosfera; unidades de recuperação retiram o enxofre dos gases, cuja queima produziria dióxido de enxofre, um dos principais poluentes dos centros urbanos.

As refinarias vêm sendo renovadas para processar petróleos brasileiros com **baixo teor de enxofre** que dão origem a combustíveis menos poluentes.

### 4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PETRÓLEO

De acordo com seus constituintes, a classificação do petróleo interessa desde os geoquímicos até os refinadores.

Os geoquímicos visam caracterizar o óleo para relacioná-lo à rocha-mãe e medir o seu grau de degradação. Os refinadores querem saber a quantidade das diversas frações que podem ser obtidas, assim como sua composição e propriedades físicas.

De acordo com a predominância dos hidrocarbonetos encontrados no petróleo cru, este pode ser classificado em:

Tabela 1 – Classificação dos tipos de petróleo.

PARAFÍNICOS	NAFTÊNICOS	MISTOS	AROMÁTICOS
Existe predominância de hidrocarbonetos parafínicos (75% ou mais de parafina).	Existe predominância de hidrocarbonetos naftênicos (> 70% de naftênicos).	Possuem misturas de hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, com	Existe predominância de hidrocarbonetos aromáticos.
<i>Este petróleo produz subprodutos com as seguintes propriedades:</i>	<i>Este petróleo produz subprodutos com as seguintes propriedades:</i> (Obs.: Obtém-se a <b>nafta petroquímica</b> ).	propriedades intermediárias, de acordo com maior ou menor percentagem de hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos.	<i>Este petróleo produz subprodutos com as seguintes propriedades:</i>
- <b>gasolina</b> de baixo índice de octanagem	- <b>gasolina</b> de alto índice de octanagem.		- <b>gasolina</b> de alto índice de octanagem.
- <b>querosene</b> de alta qualidade.	- <b>querosene</b> de alta qualidade.		
- <b>óleo diesel</b> com boas características de combustão.			
- <b>óleos lubrificantes</b> de alto índice de viscosidade, elevada estabilidade química e alto ponto de fluidez.	- <b>óleos lubrificantes</b> de baixo resíduo de carbono.		- não se utiliza este tipo de petróleo para a fabricação de lubrificantes. Produz <b>solventes</b> de excelente qualidade.
- resíduos de refinação com elevada percentagem de <b>parafina</b> .	- resíduos asfálticos na refinação.		- <b>asfaltos</b> .

O petróleo do tipo **parafínico (ou alcanos)** compreende a maior fração da maioria dos petróleos (75% ou mais de parafinas). A toxicidade é baixa e são facilmente biodegradados. Os óleos parafínicos são excelentes para a **produção de querosene de aviação (QAV), diesel, lubrificantes e parafinas**. Nesta classe estão os óleos leves, fluidos ou de alto ponto de fluidez, **a densidade é inferior a 0,85** e a viscosidade é baixa, exceto nos casos de elevado teor de n-parafinas com alto ponto de fluidez. O teor de enxofre é baixo. A maior parte dos petróleos produzidos no Nordeste Brasileiro é classificada como parafínica.

O petróleo do tipo **naftênico (ou cicloalcanos)** compreende a segunda maior fração da maioria dos petróleos (> 70% de naftênicos). Os óleos naftênicos produzem frações significativas de **gasolina, nafta petroquímica, querosene de aviação (QAV) e lubrificantes**. A toxicidade é variável e são resistentes à biodegradação. Enquadra-se um número muito pequeno de óleos. Alguns óleos da América do Sul e da Rússia pertencem a esta classe.

O petróleo do tipo **misto**, contendo hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, a densidade e viscosidade apresentam valores maiores do que os parafínicos. A maioria dos petróleos produzidos na Bacia de Campos, RJ, é deste tipo.

O petróleo do tipo **aromático** está presente em praticamente todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades. Os óleos aromáticos são mais indicados para a produção de **gasolina, solvente e asfalto**. São os que apresentam maior toxicidade. A biodegradação é lenta e estão associados a efeitos crônicos e carcinogênicos. **A densidade é maior que 0,85**. Alguns óleos do Oriente Médio (Arábia Saudita, Catar, Kuwait, Iraque, Síria e Turquia), África Ocidental, Venezuela são desta classe.

De modo geral, uma amostra de petróleo e suas frações contendo hidrocarbonetos com baixa viscosidade e elevado teor de voláteis, ou seja, **maior teor de componentes leves**, têm **elevados valores de densidade °API** (*American Petroleum Institute*). Quando maior o valor de °API, mais leve é o composto. O teor de componentes intermediários e pesados aumenta com o decréscimo da densidade °API.

A fórmula para obtenção do °API é a seguinte:

$$\text{GRAU API} = \left( \frac{141,5}{\text{densidade específica do petróleo (ou de frações de petróleo)}} \right) - 131,5$$

Dessa forma, uma amostra de petróleo pode ser classificada quanto ao grau °API, da seguinte forma:

**Petróleos Leves:** acima de 30 °API ( $< 0,72 \text{ g / cm}^3$ ). Caso do tipo de petróleo parafínico.

**Petróleos Médios:** entre 21 e 30°API. Caso dos tipos de petróleo naftênico.

**Petróleos Pesados:** abaixo de 21°API ( $> 0,92 \text{ g / cm}^3$ ). Caso do tipo de petróleo aromático.

Pode –se dizer que:

“Quanto maior o grau API, maior o valor do produto no mercado”.

O API é maior quando o petróleo é mais leve, como por exemplo, o petróleo classificado como médio é mais caro que o pesado. Se for constatado que o petróleo trata-se de um petróleo pesado, é preciso, então, investir na exploração das jazidas, como novas tecnologias e aparelhagem apropriada (bombas de sucção altamente potente).

De cada barril de petróleo a refinar, o rendimento em derivados varia de acordo com o tipo de petróleo, as condições operacionais e, por último, com os processos utilizados. Por exemplo, petróleos mais leves geram maior quantidade de derivados leves, como gases combustíveis, GLP e gasolina. Petróleos pesados geram mais óleo combustível ou asfalto. O objetivo sempre é o de atender o mercado nacional de derivados ao menor custo e em quaisquer circunstâncias.

Exemplo:

Uma amostra de petróleo líquido foi encontrada no solo e analisada em laboratório. A densidade específica do óleo cru correspondente foi de  $0,87 \text{ g/cm}^3$ . Verifique se esse combustível fóssil é leve, médio ou pesado.

$$\text{GRAU API} = \left( \frac{141,5}{0,87} \right) - 131,5 = 31 \text{ grau API}$$

Resposta: O petróleo encontrado é leve.

### Definições importantes:

- O **índice de octanagem (IO)** é a medida da capacidade da gasolina de resistir à detonação que leva à perda de potência e pode causar sérios danos ao motor. A escala vai de 0 a 100.

- A detonação é uma combustão não controlada, que se inicia pelo aumento da temperatura na câmara de combustão, devido à alta compressão da mistura ar/gasolina.

Para se ter uma ideia, a gasolina Premium que é um combustível desenvolvido pela Petrobras, tem o IO mais elevada e com menor teor de enxofre do que as gasolinas comuns. No mínimo, a gasolina Premium apresenta uma octanagem de 91.

- **Viscosidade** é a resistência interna de um fluido ao escoamento, devido às forças de atrito entre as moléculas.

- **Ponto de fluidez** é a temperatura abaixo da qual o óleo não fluirá.

- **Toxicidade** é a capacidade inerente de um agente causar efeitos adversos em um organismo vivo.

- **Biodegradação** é um processo através do qual os microorganismos (bactérias e fungos) presentes no meio se utilizam dos hidrocarbonetos de petróleo como fonte de alimentação.

### **4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO**

Numa indústria petrolífera, são as refinarias que geram os produtos finais a partir do petróleo recebido dos campos de produção.

Depois de extraído e tratado no campo de produção, o petróleo segue para a refinaria, para ser transformado na série de derivados, que vão atender as necessidades de algum mercado.

**Campo de Produção → Refinaria → Terminais de Distribuição**  
**(Poços de Petróleo) (Produtos derivados)**

Os solventes, óleos combustíveis, gasolina, óleo diesel, querosene, lubrificantes, asfalto, plástico entre outros, são os principais produtos obtidos a partir do petróleo.

O tipo de óleo cru é selecionado para serem refinados através de processos que permitem a obtenção de óleos básicos de alta qualidade e livres de impurezas.

As refinarias, dentro de suas limitações, já adquirem petróleos dentro de determinadas especificações.

São muitas as aplicações dos derivados do petróleo. Existem alguns derivados que saem preparados da refinaria para serem comercializados diretamente a distribuidores e consumidores.

Existem outros derivados que servirão como matéria-prima de várias indústrias, para produção de outros produtos.

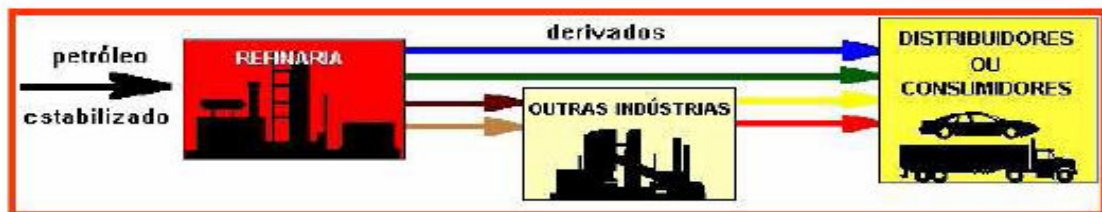


Figura 1 – Esquema do percurso dos derivados.

Para fabricar plásticos, fertilizantes, detergentes e toda uma variedade de produtos industriais a partir do petróleo, é preciso, depois de separar os hidrocarbonetos nele existentes (através da destilação), executar transformações (reações) químicas com eles. São necessárias dezenas de reações para se chegar, por exemplo, a um medicamento.

Indústria petroquímica é a expressão usada para designar o ramo da indústria química que utiliza derivados do petróleo como matéria-prima para fabricação de novos materiais.

#### 4.4. SEQUÊNCIA DE PROCESSOS

Nem todos os derivados são gerados de uma só vez em um mesmo local na refinaria.

Quase sempre, eles são obtidos após uma seqüência de processos, chamados de operações unitárias e que consiste em transformações de um ou mais fluidos (gás e/ou líquido), que servem de **entradas do processo**, em outros fluidos, chamados **saídas do processo**.

Os fluidos em uma refinaria, quer sejam de entrada, quer sejam de saída de algum processo, são também conhecidos como **correntes**.

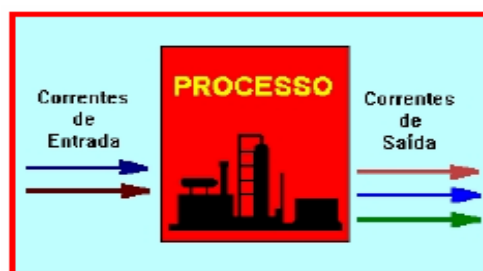


Figura 2 – Correntes que entram e saem do processo.

#### 4.5. UNIDADES DE PROCESSO

Os diferentes locais na refinaria onde ocorrem os processos de refino são as **Unidades de processo**, também chamadas **Unidades de Refino** ou de **Processamento**. Cada uma dessas Unidades é composta por um conjunto de equipamentos responsável por uma etapa do refino.

Alguns derivados já são produzidos na saída da primeira unidade de processamento, enquanto outros aparecem somente após a passagem por várias unidades de processo.

Assim, todas as **Unidades de Processo** da refinaria realiza algum processamento sobre uma ou mais entradas, gerando uma ou mais saídas.

Todas as entradas originárias direta ou indiretamente do petróleo (Gás, Petróleo e Produtos Intermediários) são chamadas **Cargas**.

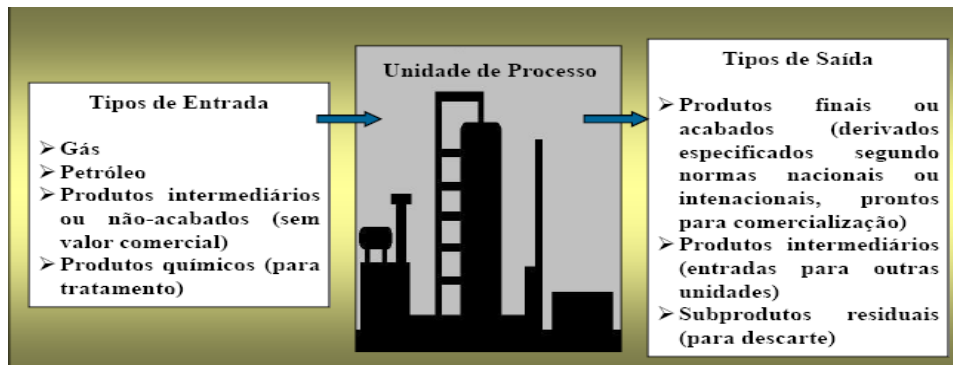


Figura 3 – Unidade de processo

Na figura 4 é apresentado um exemplo de uma unidade de processo conhecida como destilação atmosférica que apresenta duas correntes de entrada e varias correntes de saída.

PROCESSO: Refino de Petróleo	
ENTRADAS DE MATÉRIAS-PRIMAS	SAÍDAS
Petróleo bruto	Nafta, querosene, diesel, gasóleo
Água	Efluentes líquidos
	Emissões atmosféricas
	Resíduos sólidos

Figura 4 – Unidade de processo conhecida como destilação atmosférica.

Cada refinaria é projetada e construída de acordo com:

- a) o tipo de petróleo a ser processado;
- b) as necessidades de um mercado.

Para tentar compatibilizar um tipo de petróleo com a necessidade de produzir certos derivados na quantidade e qualidade desejadas, cada refinaria é construída com um conjunto (ou arranjo) próprio de Unidades onde esse arranjo das Unidades é chamado Esquema de Refino.

Um Esquema de Refino define e limita o tipo e a qualidade dos produtos da refinaria. Por isso, alguns derivados podem ser produzidos em todas ou apenas em algumas refinarias.

Não se pode esquecer que:

**Refinaria de petróleo** é uma fábrica onde o petróleo é separado em frações, por meio de destilação fracionada.

**Fração do petróleo** é parte de uma mistura de substâncias com pontos de ebulição próximos, obtida pela destilação fracionada do petróleo.

Geralmente, uma refinaria apresenta o seguinte Esquema de destilação.

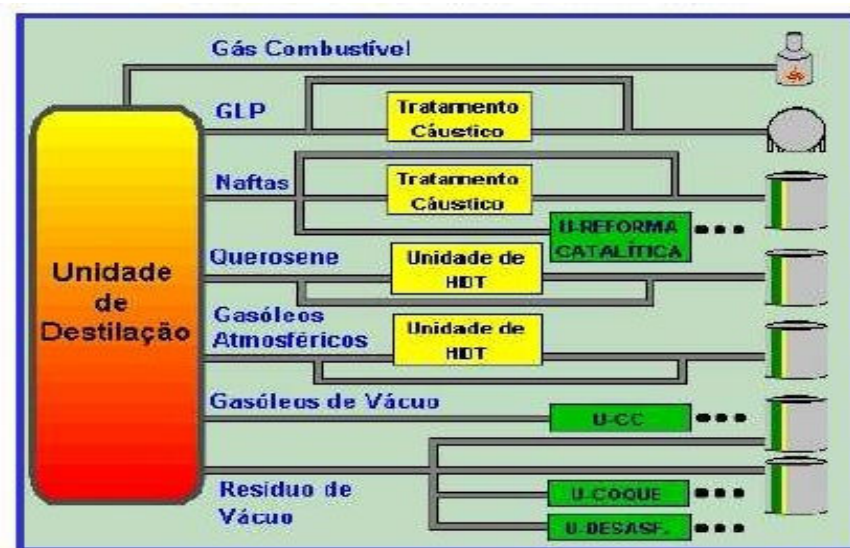


Figura 4 – Esquema de destilação

O petróleo bruto, ou cru, deve ser submetido à destilação para que tenha seu potencial energético efetivamente aproveitado.

O processo de fracionamento ocorre basicamente nas torres de destilação, onde através de processos térmicos obtém-se os **derivados e subprodutos**.



Figura 5 – Processo de destilação



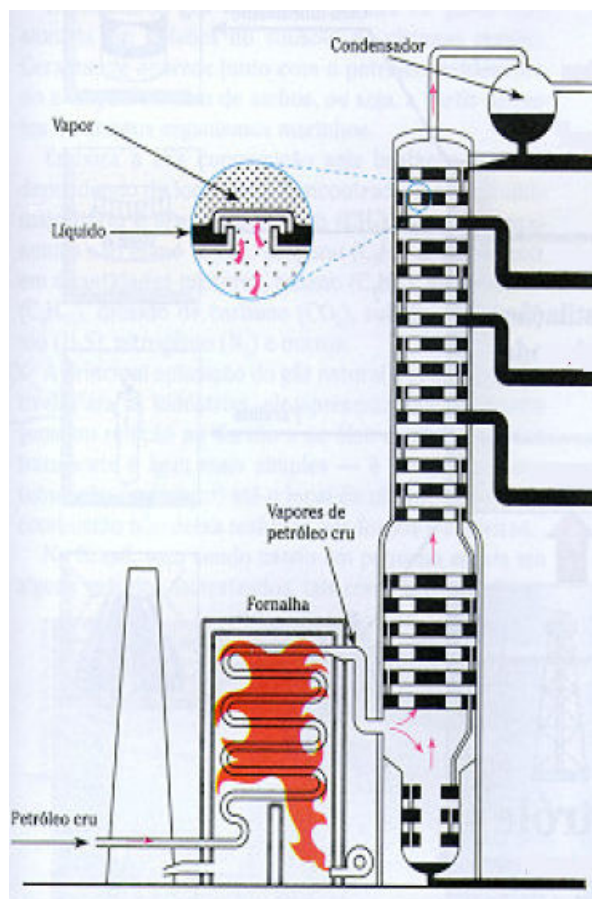


Figura 6 – Fornalha e torre de destilação

As unidades de destilação são as instalações onde se separam as diversas frações que compõem o petróleo cru, em função da diferença em suas faixas de ponto de ebulição.

Antes de tratar do processo de destilação, a seguir será apresentada uma exemplificação para melhor entendimento.

Exemplificação 1: Se uma mistura de água e álcool for aquecida, de forma controlada, é possível fazer a separação dessas substâncias. Aquecendo-se a mistura, o álcool ferve primeiro. Ele vira vapor e sai. Depois sai a água. A substância que tem ponto de ebulição mais baixo vaporiza primeiro e se transforma em vapor.

Exemplificação 2: Se a água do mar for aquecida, haverá a separação do sal e da água. O ponto de ebulição do cloreto de sódio é de 1.440°C, muito maior que o da água, de 100°C. Não há jeito de essas substâncias serem destiladas ao mesmo tempo. A água vaporiza.

*Explicação de destilação:*

É possível separar por destilação simples, líquidos que fervem em temperaturas bem diferentes. Se os líquidos misturados fervem em temperaturas mais ou menos próximas, não é possível separá-los por destilação simples. É preciso fazer uso de um processo mais sofisticado, chamado destilação fracionada (que é a mesma coisa que fazer várias destilações simples).



Repetindo-se as destilações muitas vezes, vai-se obtendo um destilado com mais e mais da substância mais volátil, até se obter só ela de forma pura.

Ao fazer a destilação simples de uma mistura de dois líquidos que têm pontos de ebulição próximos, os líquidos vão vaporizar ao mesmo tempo. Recolhendo os primeiros vapores, vemos que esse vapor vai ter maior concentração da substância de ponto de ebulição mais baixo. Resfriando esse vapor, a composição do líquido não mudará. Destilando esse novo líquido, os primeiros vapores terão maior concentração da substância de ponto de ebulição mais baixo. E assim por diante.

Em vez de repetirmos várias vezes a destilação simples, fazemos a destilação fracionada, usando uma coluna comprida. Os líquidos de pontos de ebulição próximos vão vaporizar juntos. Um deles vira vapor um pouquinho antes. Então, no vapor vamos ter mais dessa substância que da outra. Como a coluna é grande, a parte de cima é mais fria. O que acontece? Esse vapor rico na substância de ponto de ebulição mais baixo vira líquido. Mas vem subindo mais vapor quente lá de baixo. Aí esse líquido que se formou na coluna vai ferver de novo. Só que vai acontecer outra vez a mesma coisa. Nesse novo vapor vai ter mais da substância que tem ponto de ebulição mais baixo.

A separação dos compostos do petróleo é feita em colunas de fracionamento. Na parte de cima da coluna sai a substância que ferve primeiro. A destilação fracionada é usada para separar qualquer mistura de substâncias de pontos de ebulição próximos.

Por exemplo, o oxigênio e o nitrogênio do ar são separados por destilação fracionada. O nitrogênio (PE =  $-196^{\circ}\text{C}$ ) e o oxigênio (PE =  $-183^{\circ}\text{C}$ ) têm pontos de ebulição próximos. Eles são gases na temperatura ambiente. Mas se esses gases forem colocados num frasco e a temperatura for abaixada, eles viram líquido. Para facilitar essa liquefação, também é aplicada pressão. Depois faz-se a destilação fracionada.

Normalmente, as refinarias contam com duas unidades de processo para efetuar a destilação do petróleo: **Destilação Atmosférica** e **Destilação a Vácuo**.

A **destilação atmosférica** é um processo físico de separação, baseado na diferença entre os pontos de ebulição dos compostos existentes numa mistura líquida.

Ao se variarem as condições de aquecimento do petróleo, é possível vaporizar-se **compostos leves, intermediários** e **pesados** que, ao se condensarem, podem ser separados. Neste processo, ocorre, também, a formação de um resíduo bastante pesado que, nas condições de temperatura e pressão da destilação atmosférica, não se vaporiza.

A **destilação a vácuo** faz parte deste esquema justamente para submeter o resíduo pesado a outro processo de separação.

Em suma, na destilação atmosférica, o petróleo é aquecido e fracionado em uma torre, de onde são extraídos, por **ordem crescente de densidade**, gases combustíveis, GLP, gasolina, nafta, solventes e querosenes, óleo diesel e um óleo pesado, chamado de **resíduo atmosférico**, extraído pelo fundo da torre. Este resíduo é reaquecido e enviado para outra torre onde o fracionamento se dá a uma pressão abaixo da atmosférica, sendo então extraído mais uma parcela de óleo diesel e um produto chamado genericamente de **gasóleo**. O resíduo de fundo desta destilação, chamada a **vácuo**, pode ser especificado como óleo combustível ou asfalto, ou até mesmo servir como carga de outras unidades mais complexas de refinação, sempre com o objetivo de se produzir produtos mais nobres do que a matéria-prima que os gerou.

Visando-se auferir um aumento da qualidade intrínseca do produto, outras etapas se fazem necessárias, como a destilação a vácuo, craqueamento térmico ou catalítico, etc., além dos processos de tratamento, onde são retiradas as substâncias indesejáveis do produto (enxofre, nitrogênio, amônia, etc.).

## 4.6. UNIDADES DE DESTILAÇÃO

A seguir será descrito a seqüência de processos de uma unidade de destilação que é utilizada em refinarias. Deve-se atentar que existem refinarias que apresentam unidades de destilação um pouco diferente da que vai ser descrita.

Óleos crus de diferentes poços que normalmente apresentam diferenças são encaminhados para um tanque de armazenamento onde são misturados. Em seguida esta mistura é bombeada e segue para ser pré-aquecida em um trocador de calor e depois alimentar a dessalgadora que é o equipamento onde ocorre o processo de dessalgação.

As correntes que saem da dessalgadora são:

- Petróleo que sai pelo topo do vaso dessalgador;
- Salmoura que é continuamente descartada.

Em seguida o petróleo é encaminhado para ser aquecido em forno onde ocorre vaporização de parte deste durante o seu percurso no interior do tubo. O petróleo sai do forno aquecido e boa parte deste já se encontra vaporizada segue para alimentar a coluna de destilação atmosférica de modo que no ponto de alimentação ocorre a separação do vapor formado do líquido. O líquido é encaminhado por gravidade até a base da coluna, passando antes por bandejas, local onde se encontra com vapor que sobe. Nas bandejas os componentes mais voláteis do líquido passam para fase vapor e os componentes menos voláteis do vapor passam para a fase líquida. Deste modo a medida que o vapor está subindo no interior da coluna vai se enriquecendo com os componentes mais voláteis, enquanto que o líquido descendente vai se enriquecendo com os componentes menos voláteis.

A fase vapor que foi separada do líquido no ponto de alimentação sobe para as bandejas acima deste ponto, onde se encontra com o líquido proveniente do refluxo, acontecendo o mesmo fenômeno que foi citado anteriormente para as bandejas que é o enriquecimento do vapor com os componentes mais voláteis e o enriquecimento do líquido com os componentes menos voláteis.

Os componentes mais voláteis do petróleo saem pelo topo da coluna e são condensados indo para o tambor de refluxo. Deste tambor uma parte do líquido é retirada como produto de topo e a outra é enviada como refluxo para o topo da coluna. No fundo da coluna de destilação atmosférica obtém-se o resíduo de coluna de destilação atmosférica que também é conhecido como cru reduzido. Esta corrente de fundo apresenta o maior ponto de ebulição de todas as correntes que saem da coluna de destilação atmosférica.

As retiradas laterais da coluna de destilação atmosférica apresentam ponto de ebulição intermediário e são encaminhadas para serem retificadas e resfriadas e seguem para misturadores onde se mistura com correntes oriundas de outras unidades. Existe também a opção de retificar, resfriar e encaminhar uma corrente lateral para o processo de hidrotreamento. Após passar por esta seqüência de processos a corrente lateral pode ser considerada como produto acabado ou pode servir de alimentação para unidades posteriores como craqueamento catalítico, reformação catalítica, etc.

A água do tambor de topo apresenta-se ácida e é encaminhada para a estação tratamento.

A figura 7 mostra uma coluna de destilação atmosférica com seus produtos de topo, intermediários e de fundo. Na mesma figura no lado direito observa-se bandejas.

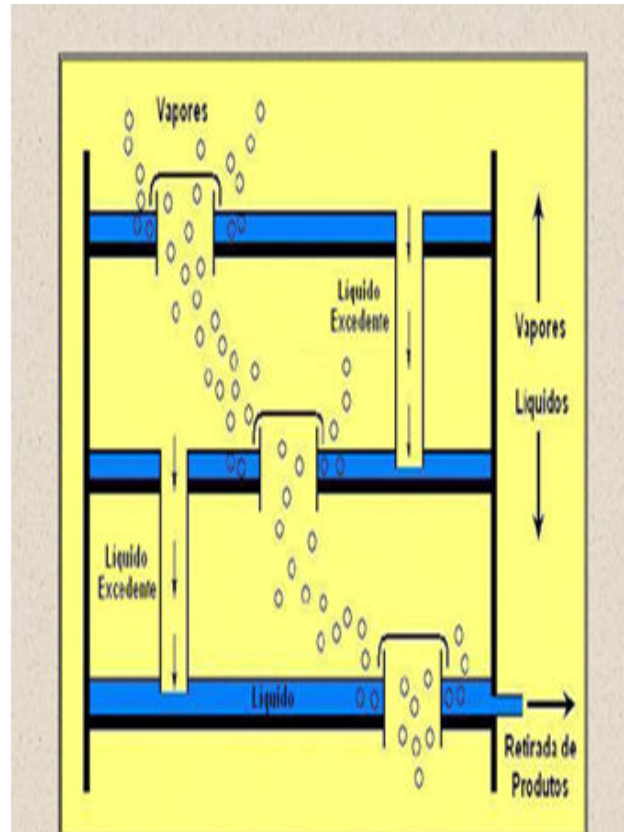
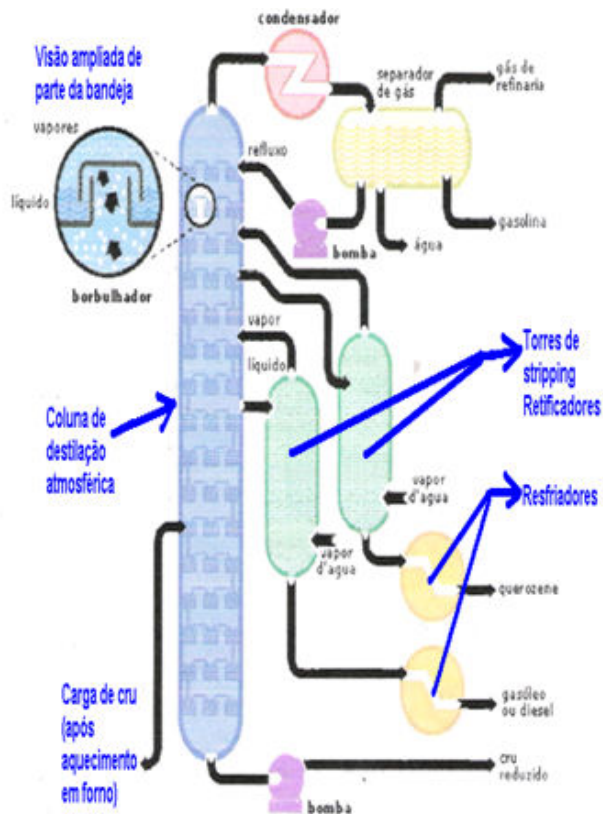


Figura 7 – Coluna de destilação atmosférica e seus produtos e três de suas bandejas.

A corrente de fundo da coluna de destilação atmosférica é destinada a um forno onde é aquecida para na sequência ser admitida na coluna de destilação a vácuo. Nesta coluna que opera com condição reduzida de pressão, reduzindo deste modo a temperatura de ebulição dos hidrocarbonetos, possibilitando retirar frações leves (pelo topo) e médias (lateralmente) que ainda restavam na corrente de fundo da coluna de destilação atmosférica. A figura 8 mostra uma coluna de destilação a vácuo com seus produtos de topo, intermediários e de fundo.

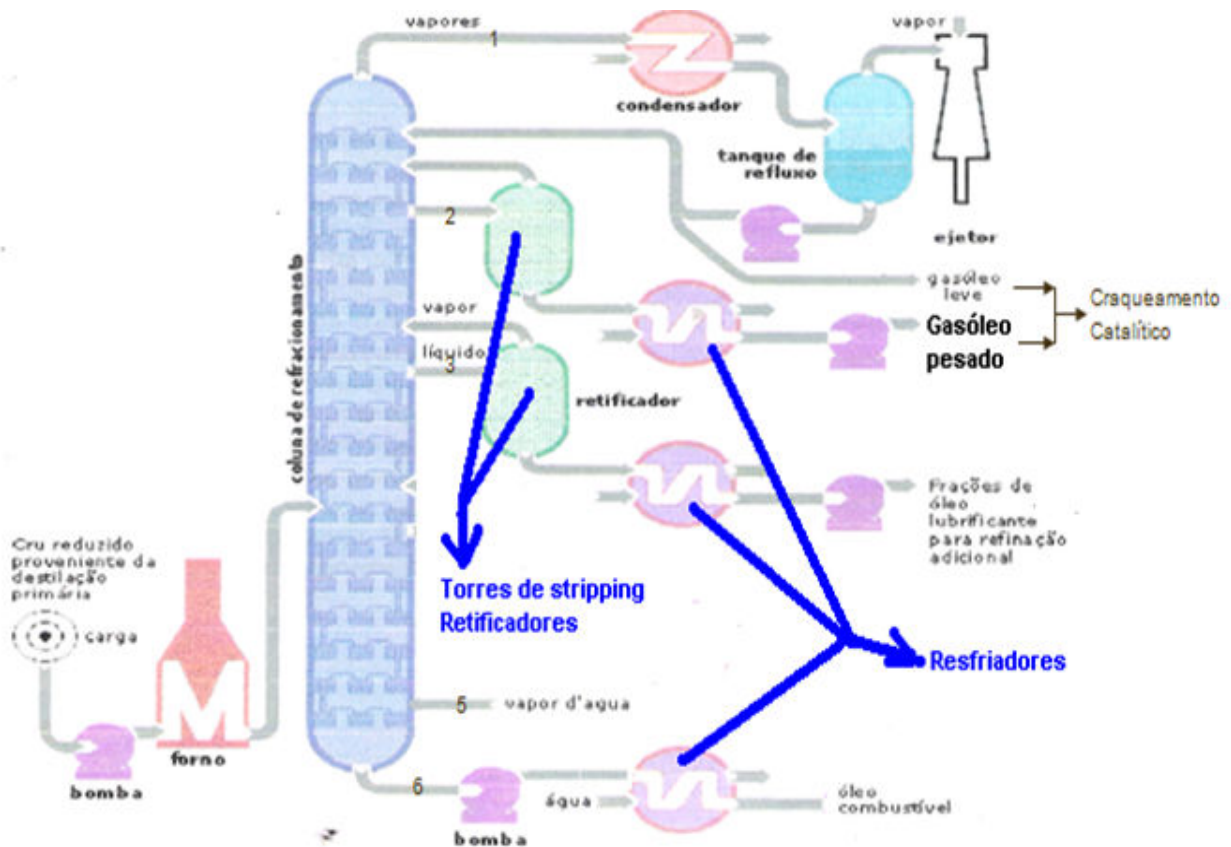


Figura 8 – Coluna de destilação a vácuo e seus produtos.

Fluxograma da unidade de destilação: É um desenho esquemático mostrando todos os equipamentos por onde passa o petróleo na unidade de destilação. Estes equipamentos são apresentados na ordem em que eles aparecem dentro da refinaria.

A figura 9 apresenta o fluxograma da unidade de destilação. O significado de cada sigla da figura 9 é mostrado a seguir:

BB: Bomba;

TRC: Trocador de calor;

DS: Dessalgadora;

F: Forno;

CDA: Coluna de destilação atmosférica;

CDV: Coluna de destilação a vácuo.

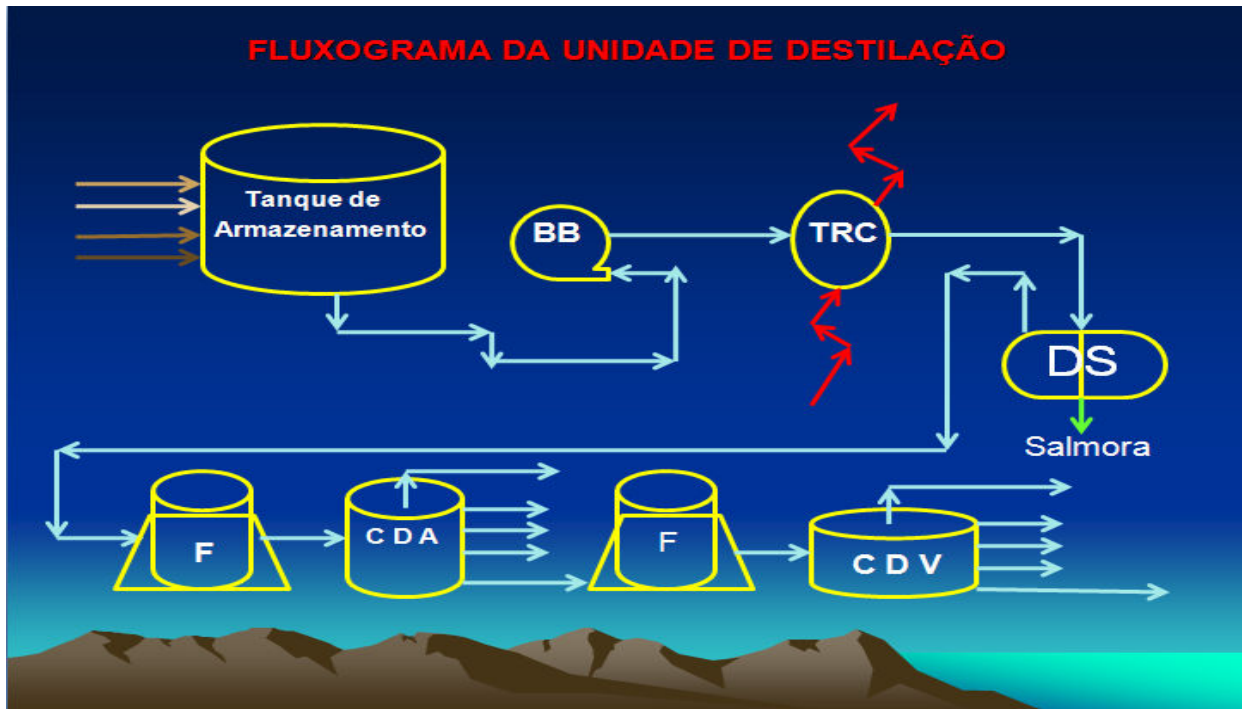


Figura 9 – Fluxograma da unidade de destilação.

Agora será descrita a unidade de destilação estudada anteriormente sendo que etapa por etapa na mesma sequência de processos que aparece na figura 9.

- Armazenamento

Diferentes correntes de óleo cru (petróleo) são misturadas no tanque de armazenamento e em seguida ocorre bombeamento do óleo cru misturado conforme mostra a figura 10. A figura 11 mostra uma foto dos tanques de armazenamento de uma refinaria.



Figura 10 – Armazenamento de diferentes óleos crus e bombeamento de óleo cru misturado.



Figura 11 – Tanques de armazenamento de uma refinaria.

- Pré-aquecimento

O óleo cru misturado é aquecido em um conjunto de permutadores de calor (trocadores de calor) conhecido como bateria de pré-aquecimento. Os trocadores de calor da bateria de pré-aquecimento são dispostos em série, ou seja, em uma seqüencia que permite o aquecimento progressivo do óleo cru. Ao mesmo tempo em que o óleo cru misturado é pré-aquecido ele resfria correntes laterais quentes que saem da destilação. A figura 12 mostra um desenho do óleo cru misturado sendo pré-aquecido e resfriando correntes de produtos acabados quentes saindo da destilação.



Figura 12 – Pré-aquecimento do óleo cru e resfriamento de produtos acabados quentes.

- Dessalgação

O óleo cru apresenta contaminantes e precisa ser tratado para se evitar que ocorra certos inconvenientes como: Incrustações e corrosão dos trocadores de calor, formação indesejada de coque, diminuição do desempenho de catalizadores, etc.

De maneira resumida o óleo cru misturado e preaquecido alimenta o dessalgador onde ocorre a separação do óleo cru, que sai pelo topo do equipamento, da salmoura que sai pelo fundo do equipamento. O processo de dessalgação pode ser feito de duas forma que são o processo elétrico e o processo químico. A seguir estes processos serão explicados:

Processo elétrico:

O óleo cru que escoa na tubulação recebe a adição de água para que ocorra dissolução dos seus sais na água. Em seguida o óleo passa por uma válvula misturadora que permite o intimo contato entre a água injetada com os sais e os sedimentos. A seguir a mistura de petróleo, água e impurezas penetra no vaso de dessalgação, caminhando através de um campo elétrico de alta voltagem, mantido entre pares de eletrodos metálicos. As forças elétricas do campo assim criado, provocam a coalescência das gotículas de água, formando-se muitas gotas grandes, que, por terem um maior densidade, caem através do petróleo para o fundo da dessalgadora, carregando dissolvidos os sais e sedimentos. A figura 13 mostra o processo elétrico de dessalgação.

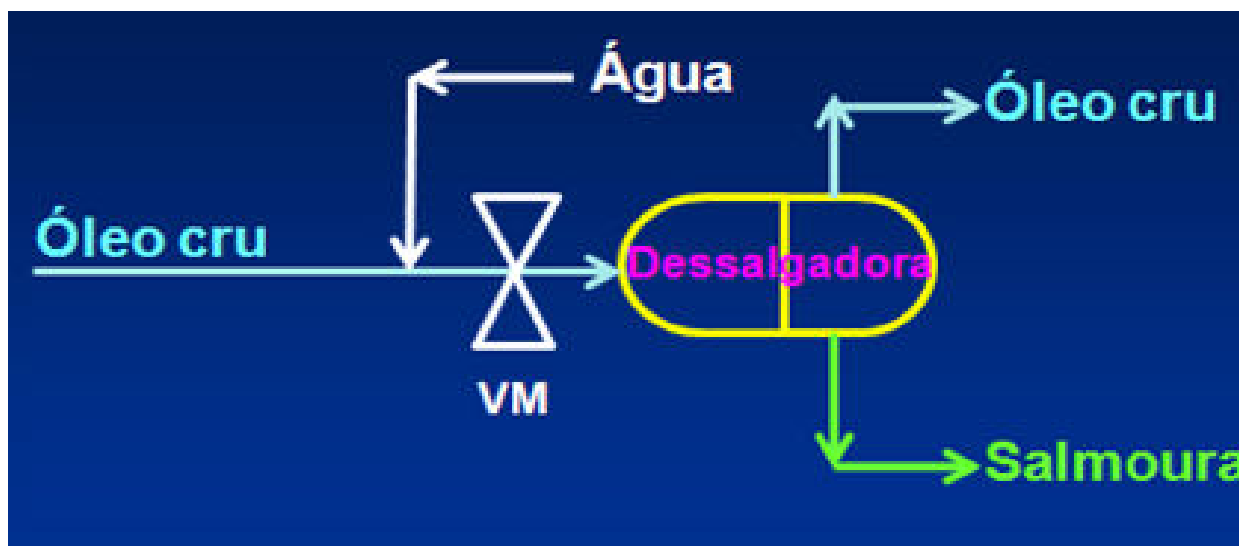


Figura 13 – Processo elétrico de dessalgação.

Processo químico:

O óleo cru que escoa na tubulação recebe a adição de água para que ocorra dissolução dos seus sais na água. Em seguida o óleo recebe desulfurificantes, cujas partículas, atraídas a interface água-óleo revertem o caráter oleofílico da emulsão água-óleo). A figura 14 mostra o processo químico de dessalgação do petróleo.



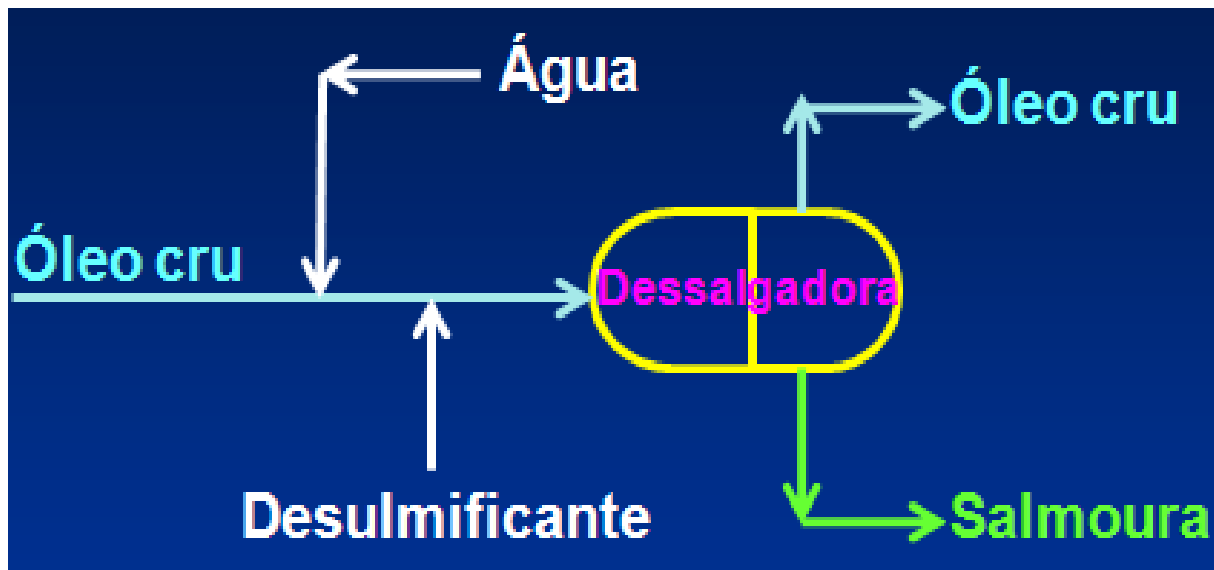


Figura 14 – Processo químico de dessalgação do petróleo.

- Aquecimento

O óleo cru dessalgado escoando no interior de tubo é admitido no forno onde vai sendo aquecido de modo que ocorre vaporização de parte deste óleo. Na saída do forno boa parte deste óleo já se encontra vaporizado e o escoamento passa a ser de uma mistura de óleo com o vapor formado. A temperatura da mistura de vapor e óleo na saída do forno encontra-se na faixa de 300 a 400°C.

A fonte de energia necessária para o aquecimento é o calor liberado pelas reações de combustão do gás combustível que é queimado no interior da fornalha. O gás combustível é obtido do processo de destilação atmosférica ou a vácuo. Os gases quentes externos ao tubo por onde escoo o petróleo cedem grande parte de sua energia de modo a aquecê-lo. Os gases de combustão deixam o forno pela chaminé. A figura 15 mostra este processo. A figura 16 mostra uma foto de fornos de uma refinaria.



Figura 15 – Processo de aquecimento no forno.



Figura 16 – Fornos de uma refinaria.

- Destilação atmosférica

O processo de destilação atmosférica por ter sido apresentado anteriormente não será repetido. Informações não mencionadas para este processo serão abordadas a seguir.

Operação unitária são processos físicos.

A destilação é considerada uma operação unitária de transferência de massa. Este processo de destilação combina as operações unitárias de escoamento de fluidos, transferência de calor, condensação e ebulição.

O que possibilita separar os componentes de uma mistura binária ou multicomponente?

Resposta: A diferença entre os pontos de ebulição dos componentes destas misturas. Ou a diferença de volatilidade relativa dos componentes da mistura.

Devido a diferença de ponto de ebulição existente nas misturas, existe componentes mais voláteis (menor ponto de ebulição), componentes intermediários (ponto de ebulição intermediário) e componentes menos voláteis (elevado ponto de ebulição).

A pressão de vapor é a pressão mínima necessária para que ocorra vaporização.

Quanto maior for a pressão de vapor de um componente mais volátil ele será. Ao contrario quanto menor for a pressão de vapor de um componente menos volátil ele será.

Agentes de separação são utilizados para efetuar a separação por destilação. Os agentes de separação são adição e remoção de calor. A adição de calor se dar por meio do aquecimento da carga que alimenta a coluna de destilação e também pelo vapor que é injetado na base da coluna de destilação. A remoção de calor ocorre pelo fenômeno da condensação. A figura 17 mostra os agentes de separação utilizados em um processo de destilação.

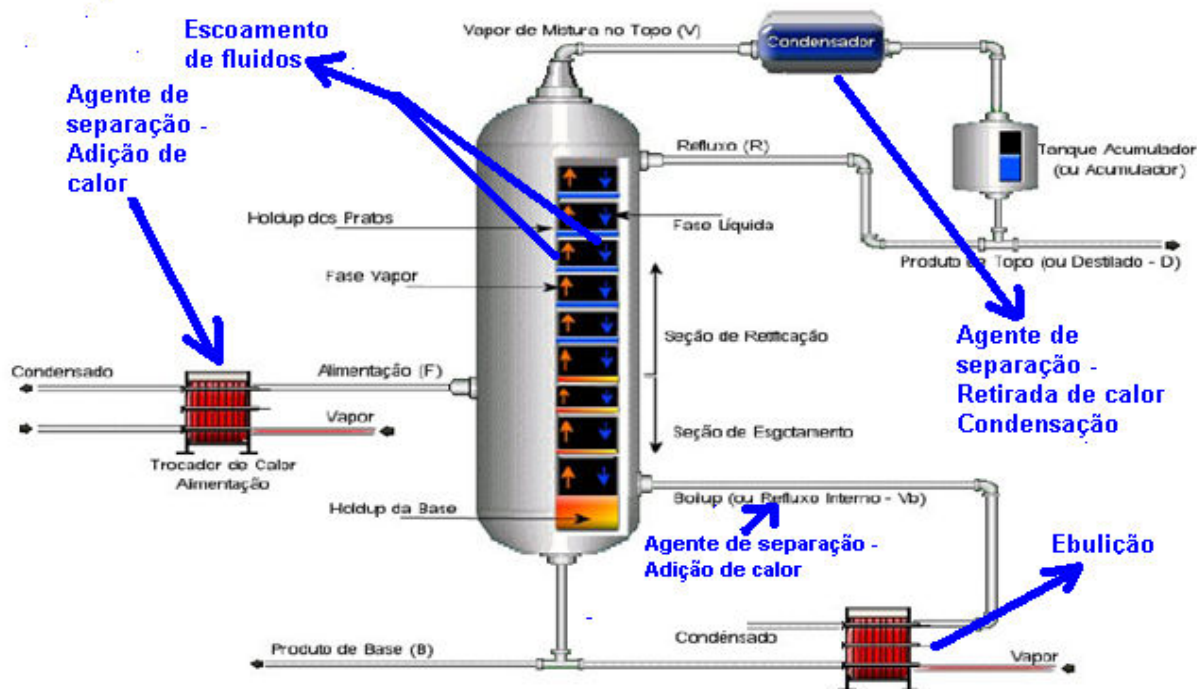


Figura 17 – Coluna de destilação utilizada em indústrias.

A seguir são apresentadas as diferenças principais entre as colunas de destilação utilizadas em refinarias (coluna de destilação atmosférica e coluna de destilação a vácuo) e as colunas de destilação de outras indústrias.

- As colunas de destilação de refinarias apresentam grande quantidade de retiradas laterais e as colunas de destilação de outras indústrias podem até não ter retiradas laterais ou ter pequena quantidade de retiradas laterais.
- As colunas de destilação de refinarias apresentam alimentação multicomponente e as colunas de destilação das outras indústrias podem ter alimentação binária ou multicomponente.
- Nas refinarias o trocador de calor utilizado para aquecer o petróleo a ser admitido na coluna de destilação é um forno, outras indústrias podem utilizar outros tipos de trocadores de calor para aquecimento da alimentação.

As colunas de destilação utilizadas nas indústrias podem ser de dois tipos:

- Coluna de pratos (ou bandejas);
- Coluna de recheios (como nas torres absorvedoras).

Obs: As colunas de destilação podem ser chamadas de torres de destilação.

A figura 18 mostra uma unidade de destilação que apresenta diferenças na sua sequência de processos.

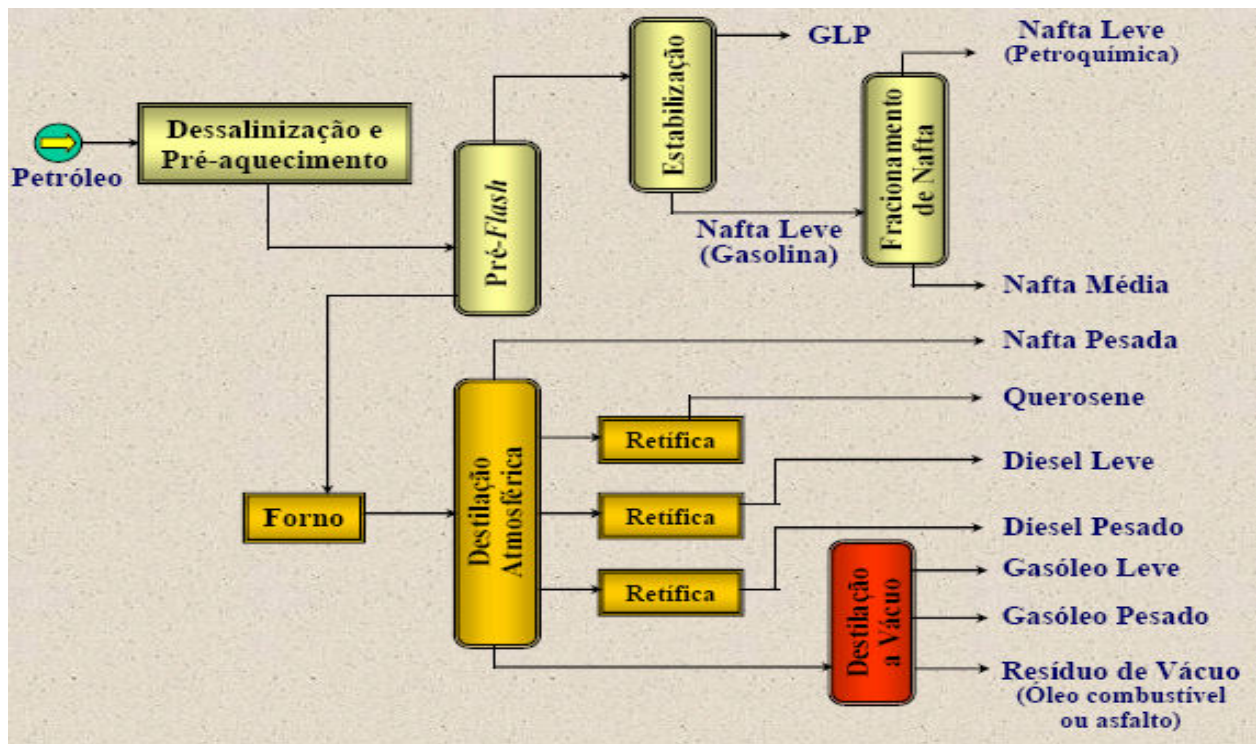


Figura 18 – Unidade de destilação diferenciada.

Estas diferenças são descritas a seguir:

No fluxograma da figura 9 o petróleo que sai da dessalgadora é encaminhado diretamente aos fornos e em seguida alimenta a coluna de destilação atmosférica. Enquanto que no fluxograma da figura 18 o petróleo dessalgado é encaminhado para ser pré-flasheado, onde ocorre a formação de duas correntes.

A corrente de fundo é o petróleo que segue para coluna de destilação atmosférica onde ocorre a separação do petróleo em frações. As frações mais leves saem pelo topo da coluna de destilação atmosférica enquanto que as frações intermediárias e pesadas saem pelas porções intermediária e pela base da coluna respectivamente.

A corrente mais leve que sai do tambor pré-flash é vapor sendo encaminhada para uma coluna estabilizadora que a separa em duas correntes. O produto de fundo desta coluna é a nafta leve (gasolina) que em seguida é destinada para separação em nafta leve (petroquímica) e nafta média que saem pelo topo e pela base da coluna de fracionamento de nafta respectivamente. O produto de topo da coluna estabilizadora é o GLP.

A tabela 2 mostra de forma reduzida as diferenças entre as unidades de destilação mostradas nas figuras 5 e 6. O objetivo é fazer com que o aluno perceba que refinarias diferentes podem apresentar diferenças quando se faz a comparação da unidade de destilação de uma em relação a unidade de destilação da outra.

Tabela 2 – Diferenças entre as unidades de destilação apresentadas nas figuras 9 e 18.

Processos	Equipamento onde ocorre o processo	Posição do processo na unidade de destilação - Figura 5	Unidade de destilação diferenciada - Figura 6
Pré-aquecimento	Trocador de calor	Antes da dessalinização	Depois da dessalinização
Dessalinização	Dessalgadora também chamada vaso de dessalgação	Depois do pré aquecimento	Antes do pré aquecimento
Pré-flash	Tambor de pré-flash	Não apresenta	Depois do pré-aquecimento
Estabilização	Coluna de estabilização	Não apresenta	Depois do pré-flash para corrente de vapor
Fracionamento da Nafta	Coluna de fracionamento	Não apresenta	Depois da estabilização para corrente líquida nafta leve que sai da base da coluna de estabilização
Aquecimento	Forno	Antes da destilação atmosférica	Antes da destilação atmosférica
Destilação atmosférica	Coluna de destilação	Depois do aquecimento	Depois do aquecimento
Aquecimento do resíduo da coluna de destilação atmosférica	Forno	Depois da destilação atmosférica para a corrente de fundo	Depois da destilação atmosférica para a corrente de fundo
Destilação a vácuo	Coluna de destilação	Depois do aquecimento do resíduo da coluna de destilação atmosférica (produto de fundo).	Depois do aquecimento do resíduo da coluna de destilação atmosférica (produto de fundo).

As figuras 19,20 e 21 mostram fotos de refinarias. As fotos aparecem na seguinte seqüência:

- Figura 19 – Coluna de destilação atmosférica;
- Figura 20 – Coluna de destilação a vácuo;
- Figura 21 – Unidade de destilação.





Figura 19 – Coluna de destilação atmosférica.

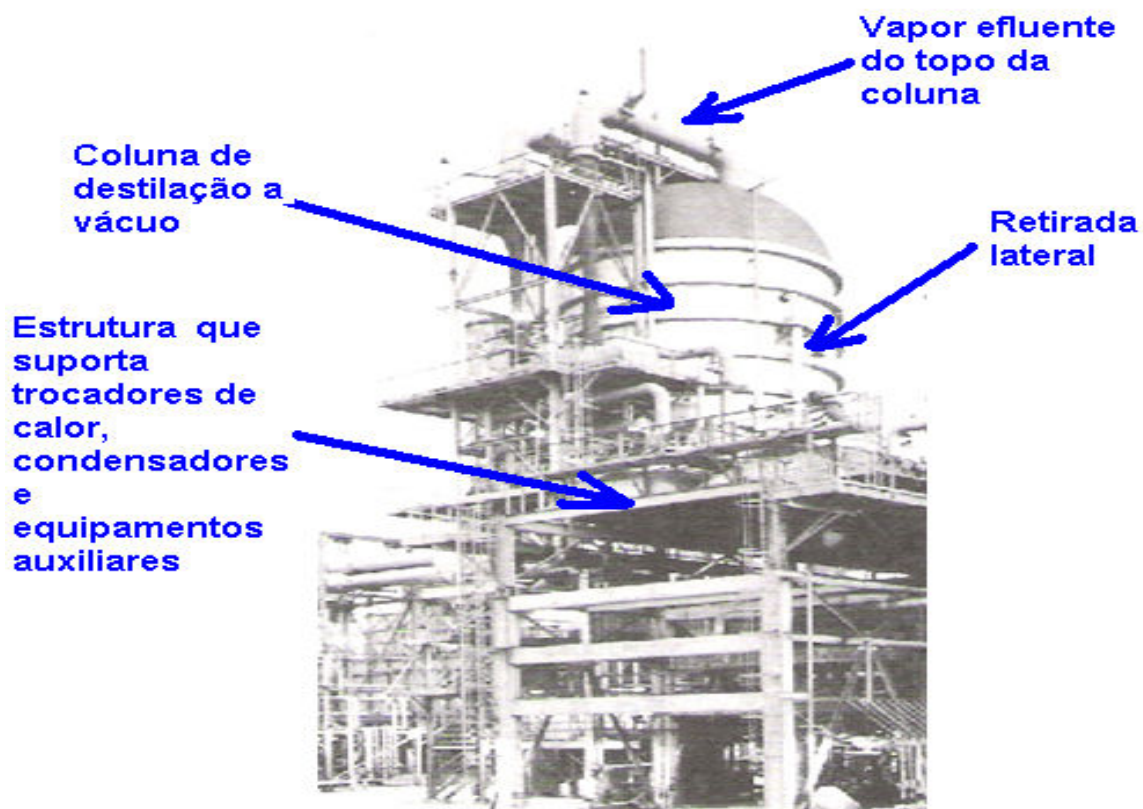


Figura 19 – Coluna de destilação a vácuo.

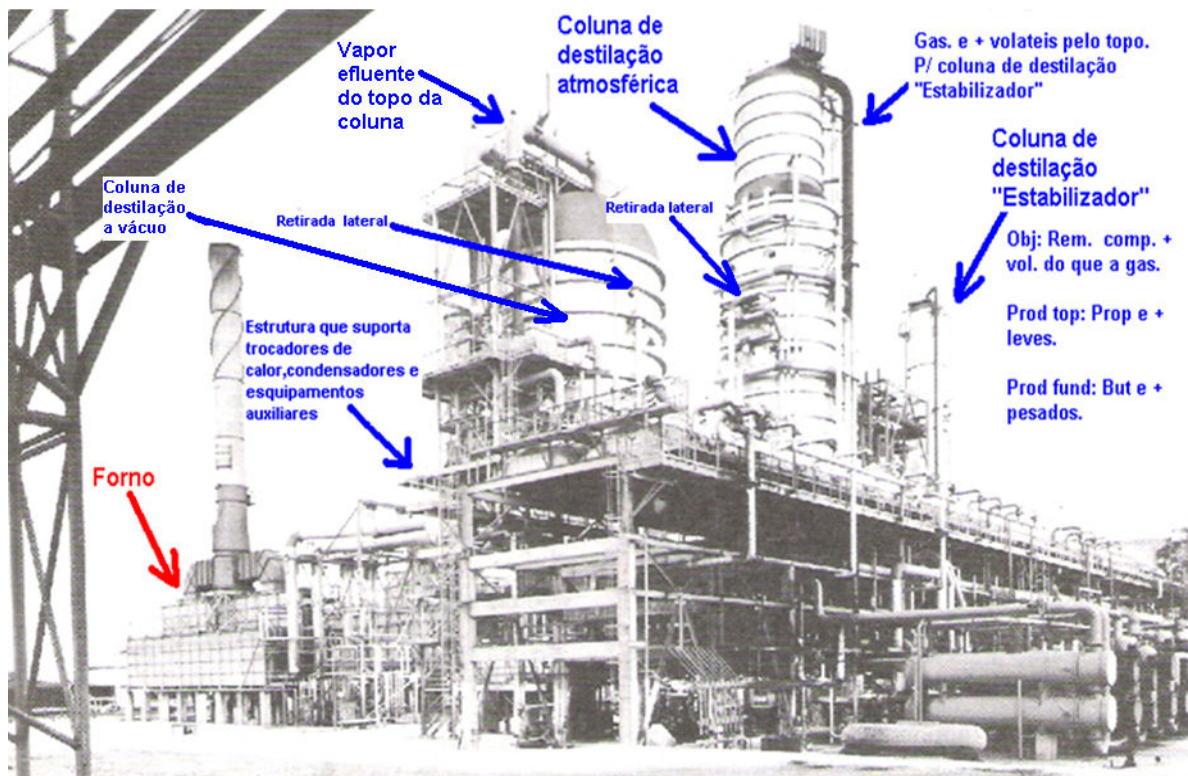


Figura 21 – Unidade de destilação.

### Exercícios

- 1º) Por que se deve tratar o petróleo?
- 2º) O que possibilita separar os derivados dos petróleo?
- 3º) Verificou-se que a temperatura de um determinado derivado A saindo da torre de destilação era de 200°C, enquanto que a temperatura de um derivado B também saindo da torre de destilação era de 340°C. Qual dos derivados foi retirado de bandeja mais alta? Qual deles apresenta menor ponto de ebulição? Qual deles é mais volátil?
- 4º) Para onde deve ser enviada a água do tambor de refluxo de uma coluna de destilação atmosférica?
- 5º) Caso uma refinaria não trate seu petróleo quais as conseqüências?
- 6º) Calcule a quantidade de resíduo líquido oriundo do processo de dessalgação?

Dados:

Quantidade de residuo líquido por barril de petróleo processado = 7,95 l / Barril

Capacidade de processamento da refinaria = 2500 Barril / dia

7º) Querosene (Temperatura de ebulição: 180 – 240°C; hidrocarbonetos C8 – C17), gasóleo leve (Temperatura de ebulição: 240 – 300°C; hidrocarbonetos C8 – C25) e gasóleo pesado (Temperatura de ebulição: 300 – 360°C; hidrocarbonetos C20 – C25) são retirados lateralmente de uma coluna de destilação atmosférica.



Qual deles é o mais volátil? Qual deles é o intermediário? Qual deles é o menos volátil? Quem se localiza na bandeja superior? Quem se localiza na bandeja do meio? Quem se localiza na bandeja inferior?

8º) Considere o sistema acetona/ acetonitrila/nitrometano. Abaixo são dadas as pressões de vapor destes três componentes que compõe o sistema.

$P_{\text{vap}}(\text{acetona}) = 195,75 \text{ kPa}$ .

$P_{\text{vap}}(\text{acetonitrila}) = 97,84 \text{ kPa}$

$P_{\text{vap}}(\text{nitrometano}) = 50,32 \text{ kPa}$

Qual deles é o componente menos volátil?

Qual é o componente intermediário?

Qual é o componente menos volátil?

#### 4.7. CLASSIFICAÇÃO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO QUANTO AO POTENCIAL ENERGÉTICO

Os derivados do petróleo podem ser utilizados em aplicações **Energéticas** ou **Não-Energéticas**.

Os derivados energéticos são também chamados **combustíveis**. Eles geram energia térmica (calor ou luz) ao entrar em combustão na presença do ar e de uma fonte de ignição (chama ou centelha).

Os derivados **energéticos** ou **combustíveis** produzidos por uma refinaria de petróleo são:

- Gás combustível;
- Gás Liquefeito de Petróleo (GLP);
- Gasolina;
- Querosene;
- Óleo Diesel;
- Óleo combustível;

Os derivados **não-energéticos** são:

- Nafta e gasóleos;
- Lubrificantes, matéria-prima para indústrias fabricantes de óleos para veículos e máquinas industriais;
- Solventes domésticos e industriais, como o querosene;
- Parafinas, utilizadas na indústria alimentícia, na fabricação de velas, ceras, cosméticos, etc.;
- Asfalto, usado na pavimentação de ruas e estradas;
- Coque, utilizadas por indústrias para fabricação de alumínio e indústria de cimento, por exemplo.

Normalmente, os derivados combustíveis (energéticos) são classificados em leves, médios ou pesados, conforme a complexidade das cadeias carbônicas existentes nas suas moléculas.

Os derivados **leves** possuem menores cadeias carbônicas.

Tabela 3 - Classificação dos derivados leves em função de números de átomos de carbono.

Derivados	Número de átomos de carbono
Gás combustível	1 a 2
GLP	3 a 4
Nafta*	5 a 12
Gasolina	5 a 12

\*Obs.: A Nafta, mesmo não sendo combustível, é considerada leve.

Por apresentarem cadeias de comprimentos “intermediários”, os seguintes derivados são considerados **médios: Querosene e Óleo Diesel.**

Por serem constituídos por cadeias carbônicas maiores ou mais complexas, os seguintes derivados são considerados pesados: **Óleo Combustível, Asfalto e Coque.**

Como já se sabe, quanto maior o valor de °API (*American Petroleum Institute*), mais leve é o composto. Podem-se ter:

Asfalto → 11°API (PESADO); Nafta → 50°API (LEVE); Gasolina → 60°API (LEVE).

Tendo-se como referência os seguintes parâmetros:

**Petróleos Leves:** acima de 30 °API ( $< 0,72 \text{ g / cm}^3$ ).

**Petróleos Médios:** entre 21 e 30°API.

**Petróleos Pesados:** abaixo de 21°API ( $> 0,92 \text{ g / cm}^3$ ).

#### 4.8. FRAÇÕES OBTIDAS DA DESTILAÇÃO DO PETRÓLEO

##### Gás Combustível - (C1 - C2)

O gás combustível é formado basicamente por uma mistura rica de metano e etano, contendo menores quantidades de propano e butano. O gás combustível contém também o **gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) ou Sulfeto de Hidrogênio.**

Corresponde à parte de menor rendimento da destilação e mais leve de todas as frações. Normalmente, essa corrente constitui parte do gás combustível utilizado nas refinarias, sendo utilizado no próprio consumo interno em fornos e caldeiras.

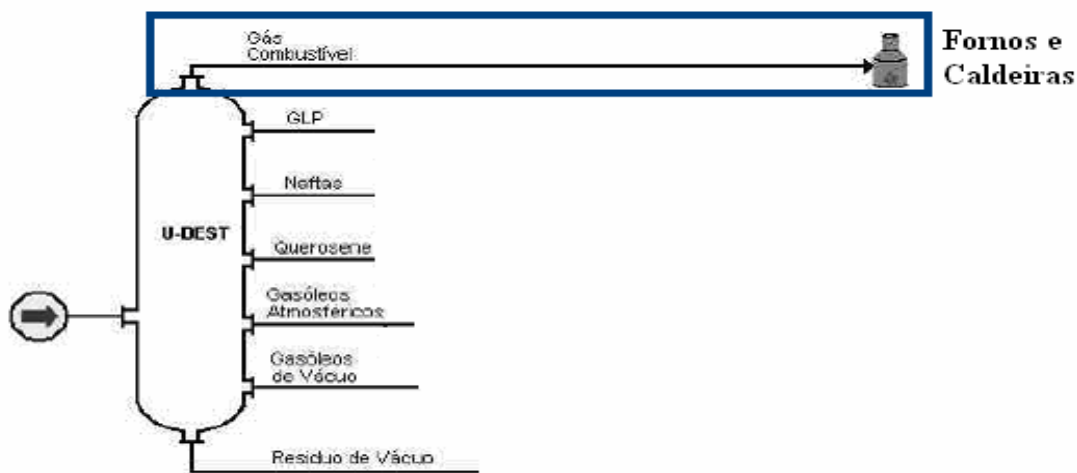


Figura 22 – Obtenção do gás combustível

### Gás Liquefeito (GLP) - (C3 - C4)

Conhecido também como gás liquefeito do petróleo, é formado por uma mistura de propano e butano que, embora gasosos à pressão atmosférica, são comercializados no estado líquido, por isso a denominação de **gás liquefeito do petróleo**.

O GLP pode ser produto final, onde será armazenado em esferas ou produto intermediário, indo para **Unidade de tratamento cáustico**. Por conter, também, os **contaminantes H<sub>2</sub>S (Sulfeto de Hidrogênio ou ácido sulfídrico)**, o GLP passa por esta unidade para ser tratado.

O GLP tem sua maior utilização como combustível doméstico, porém ele também pode ser utilizado como combustível industrial, matéria-prima para obtenção de gasolina de aviação e insumo para a indústria petroquímica.

Mais detalhes sobre o Gás natural estão apresentados na próxima seção.

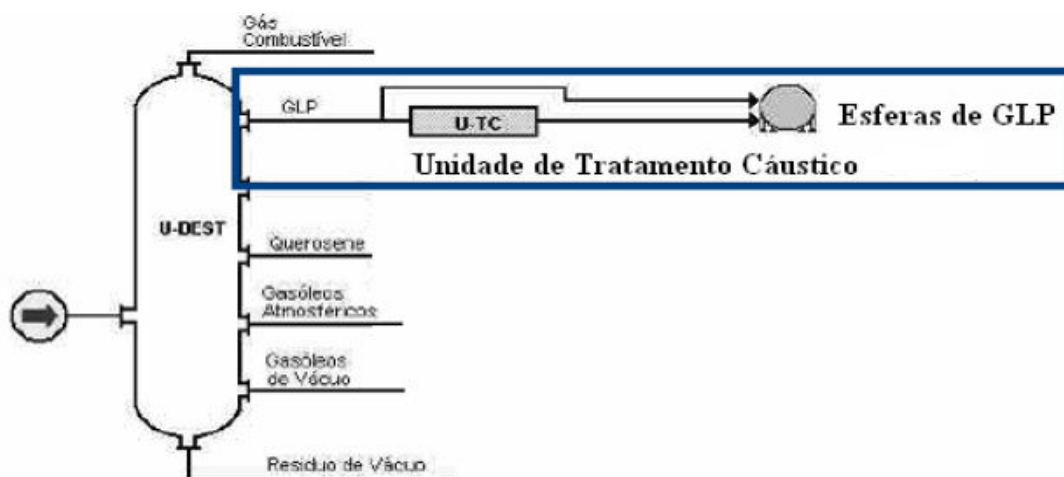


Figura 23 – Obtenção do GLP

## Nafta - (Corte 200 °C A 220 °C)

Nafta é um termo genérico adotado na indústria petrolífera para designar **frações leves** do petróleo, que abrange a faixa de destilação da **gasolina e do querosene**. A faixa de destilação poderá variar de 20 °C a 200°C.

A nafta obtida pela destilação do petróleo pode ser fracionada em duas ou três naftas, a depender da faixa de destilação. O fracionamento da nafta depende da sua aplicação final.

A **nafta leve** é enviada para tanques, para depois ser vendida como nafta petroquímica, ou para ser utilizada na produção de gasolina automotiva.

A **nafta pesada** pode ser enviada para a Unidade de Reforma Catalítica para aumento de octanagem (melhoria na qualidade da gasolina) para produção de gasolina.

A nafta passa pela Unidade de Tratamento Cáustico para remover H<sub>2</sub>S e mercaptans, e depois para armazenamento em tanque de nafta ou gasolina.

Pode ver que a **nafta pesada** pode ter o mesmo destino que a **leve** ou ser utilizada como carga para a **Unidade de Reformação (ou de Craqueamento) Catalítica**, onde sofre transformações químicas que a transformam em produtos mais nobres. Algumas naftas pesadas são utilizadas para reduzir a viscosidade do asfalto, que é posteriormente aplicado como óleo para revestimento de estradas.

Na **Unidade de Reformação (ou Craqueamento) Catalítica** existe um catalisador apropriado, daí o nome Craqueamento Catalítico, do inglês *to crack*, “quebrar”.

As naftas são utilizadas como solventes industriais de tintas e como matéria-prima para o eteno na indústria petroquímica.

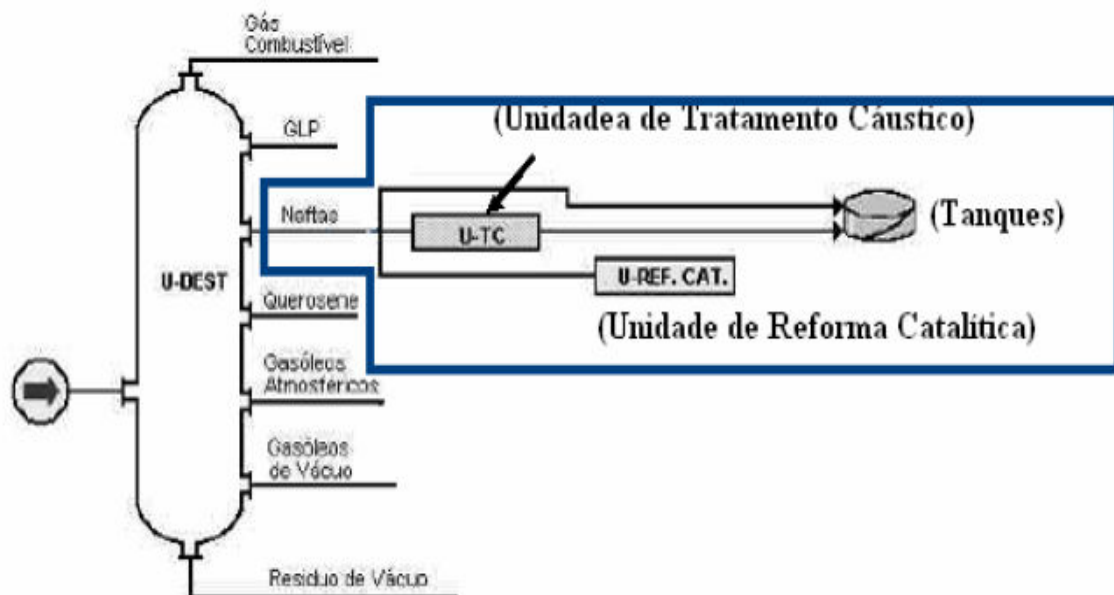


Figura 24 – Obtenção das naftas

### Querosene - (Corte 150°C - 300 °C)

O querosene é normalmente constituído de hidrocarbonetos, predominantemente de parafínicos (veja a Tabela de Classificação dos tipos de petróleo), e possui faixa de destilação situada entre 150 °C a 300 °C.

Pode ser produto final, tanto como querosene de aviação (QAV) ou de iluminação ou produto intermediário, indo para unidade de HDT (Unidade de Hidrotratamento). Para que o querosene seja vendido como querosene de aviação é necessária a passagem por esta Unidade, que faz a eliminação de contaminantes.

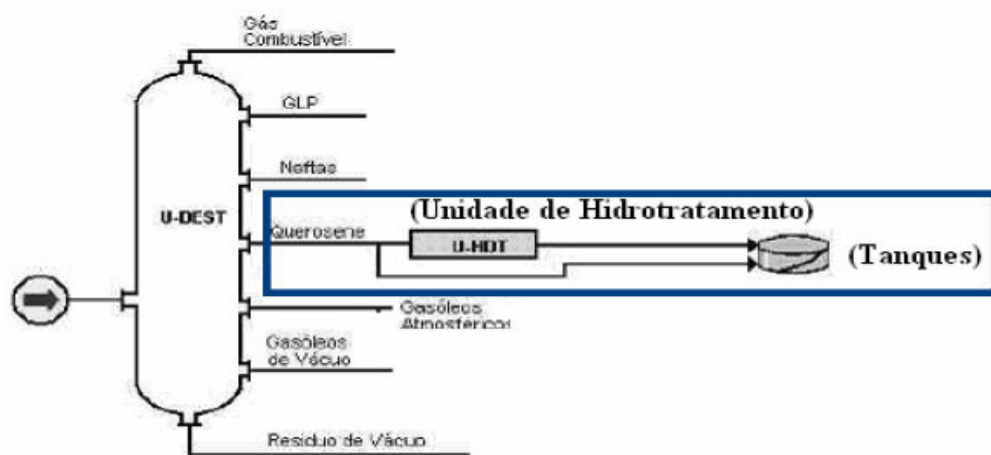


Figura 25 – Obtenção de querosene

### Gasóleo Atmosférico - (Corte 150° C - 400 °C)

Os gasóleos atmosféricos são conhecidos como **diesel leve** e **pesado** devido a sua ampla faixa de destilação entre 150 a 400°C.

Podem ser produtos finais, indo como óleo diesel armazenado em tanque ou produtos intermediários, alinhados para uma unidade de HDT (Unidade de Hidrotratamento) e, depois como óleo Diesel para armazenamento.



Figura 26 – Obtenção de gasóleos atmosféricos

#### Gasóleo de Vácuo - (Corte 400C - 570 °C)

Os gasóleos de vácuo são produtos intermediários e compõem as correntes de alimentação de Unidades de Craqueamento Catalítico (U-CC) ou formam frações lubrificantes, segundo esquemas de refinos para produção de **combustíveis** ou **lubrificantes**, respectivamente.

Apenas começaram a ser obtido na destilação de petróleo, quando a indústria automobilística passou a exigir combustível em maior quantidade e de melhor qualidade.

A coluna de destilação de vácuo passou a ser incorporada á unidade de destilação com a finalidade de obter frações mais leves, presentes no resíduo da destilação atmosférica.

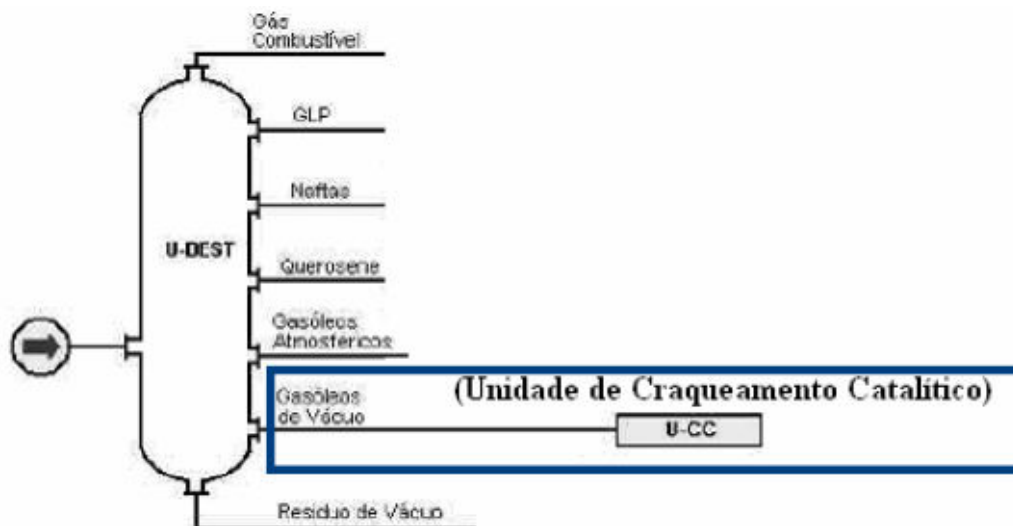


Figura 27 – Obtenção de gasóleos de vácuo

Saídas da U-CC:

- Gás Combustível;
- GLP;
- Nafta;
- Óleo Leve;
- Óleo decantado (compõe o óleo combustível).

Percebe-se que a Unidade de Craqueamento Catalítico é considerada a Unidade de processo de alta rentabilidade econômica, por utilizar como carga um produto de baixo valor comercial (Gasóleo de Vácuo).

O gasóleo de vácuo, por exemplo, serve como matéria-prima para o processo de craqueamento catalítico, onde altas temperaturas conjugadas à presença de catalisadores químicos partem as moléculas, transformando-o em gases combustíveis, GLP, gasolina e outros produtos. Esta unidade de craqueamento catalítico fluído é a grande geradora de GLP produzido nas refinarias brasileiras. Após tratamento para remoção de enxofre e compressão dos gases, a parte que se liquefaz à temperatura ambiente é armazenada em esferas e denominada gás liquefeito de petróleo, GLP.

### Resíduo de Vácuo - (Corte Acima de 570 °C)

O resíduo da última etapa de destilação do petróleo é conhecido como resíduo de vácuo. A aplicação mais usual é a sua utilização para a geração de energia térmica, sendo o resíduo de vácuo especificado como um tipo de óleo combustível industrial.

Alguns petróleos mais pesados podem produzir asfalto diretamente da destilação a vácuo. Nesses casos, o resíduo de vácuo produzido em condições operacionais adequadas constituirá o asfalto, usado para pavimentação e isolamentos.

Quando a unidade de destilação visa à produção de óleos lubrificantes, esse resíduo de vácuo é matéria-prima para a obtenção de outro óleo lubrificante de alta viscosidade conhecido como **bright stock**.

Parte do resíduo de vácuo pode também servir de carga para o processo de produção de **coque de petróleo**. Dependendo do petróleo, pode-se produzir diferentes tipos de coque com aplicações específicas.

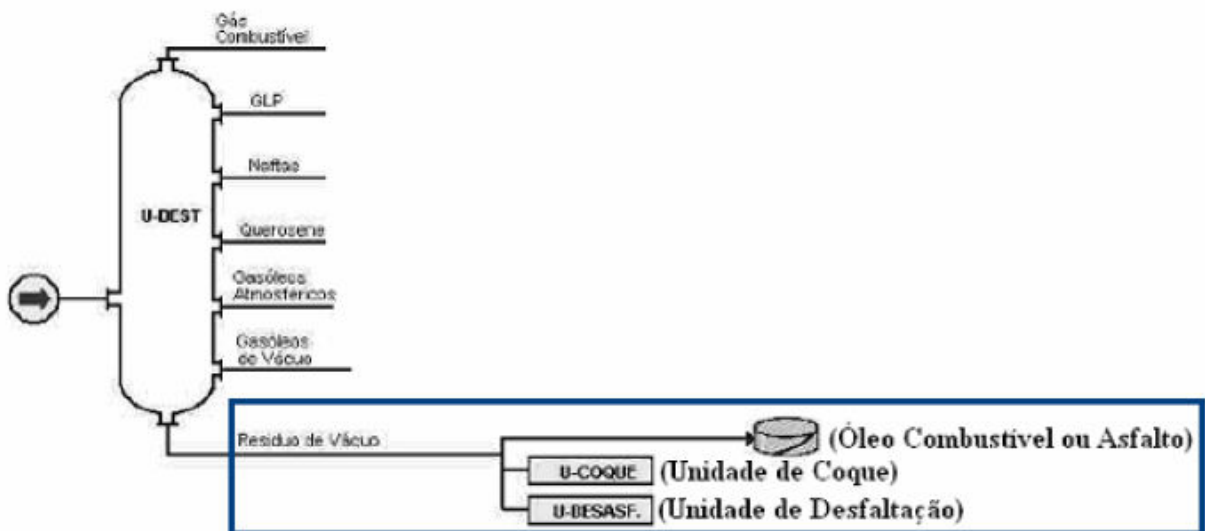


Figura 28 – Obtenção de resíduos de vácuo



A seguir serão estudados alguns derivados de petróleo mais consumidos no mercado.

#### 4.9. O GÁS NATURAL

Pela lei numero 9.478/97 (Lei do Petróleo), o gás natural "é a porção do petróleo que existe na fase gasosa ou em solução no óleo, nas condições originais de reservatório, e que permanece no estado gasoso nas condições atmosféricas de pressão e temperatura".

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves encontrada no subsolo, na qual o metano tem uma participação superior a 70 % em volume. A composição do gás natural pode variar bastante dependendo de fatores relativos ao campo em que o gás é produzido, processo de produção, condicionamento, processamento, e transporte.

O gás pode estar ou não associado ao petróleo. Possui composição variável conforme o local onde for encontrado, mas contém grande quantidade de  $\text{CH}_4$ , gás metano.

O **gás associado** é aquele que, no reservatório, está dissolvido no óleo ou sob a forma de capa de gás, caso em que a produção de gás é determinada pela produção do óleo.

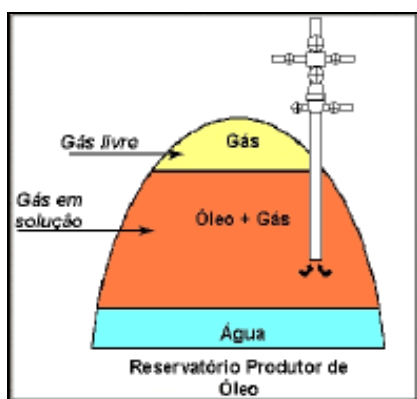


Figura 29 – Gás associado

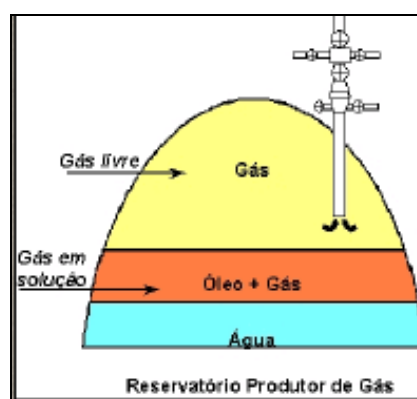


Figura 30 – Gás não - associado

O **gás não associado** é aquele que está livre no reservatório, ou em presença de quantidades muito pequenas de óleo; neste caso só se justifica produzir comercialmente o gás.

A composição do gás natural varia, conforme ele esteja ou não associado. Basicamente, é composto de metano, etano e propano, e em menores proporções, por outros hidrocarbonetos de maior peso molecular. É um produto gasoso, inflamável, inodoro e asfíxiante, quando aspirado em altas concentrações.

Antes desprezado, atualmente percebe-se as inúmeras vantagens econômicas auferidas pelo seu uso, principalmente numa época em que a preservação ambiental está na pauta do dia, já que representa no momento a melhor alternativa – versatilidade, queima mais limpa, substituição à lenha (desmatamento) e a outros combustíveis.

Esse gás é empregado diretamente como combustível, tanto em indústrias, casas e automóveis. É considerado uma fonte de energia mais limpa que os derivados do petróleo e o carvão. Alguns dos gases de sua composição são eliminados porque não possuem capacidade energética (nitrogênio ou CO<sub>2</sub>) ou porque podem deixar resíduos nos condutores devido ao seu alto peso molecular em comparação ao metano (butano e mais pesados).

No estado gasoso, o transporte é feito por meio de dutos, e em casos específicos, em cilindros de alta pressão, como o **GNC (Gás Natural Comprimido)**; em estado líquido, como **GNL (Gás Natural Liquefeito)**, pode ser transportado por meio de navios, barcaças e caminhões criogênicos, a -160°C.

O **GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)** pode ser separado das frações mais leves de petróleo ou das mais pesadas de gás natural.

O GLP é um derivado composto da mistura de hidrocarbonetos com 3 e 4 átomos de carbono com ligação simples, denominados de propano e butano. Ligações duplas, propeno e buteno, também ocorrem com frequência, principalmente na corrente de GLP proveniente das refinarias. O GLP consumido no País provém em sua maior parte do refino do petróleo.

À temperatura ambiente, mas submetido à pressão na faixa de 3 a 15 kgf/cm<sup>2</sup>, o GLP se apresenta na forma líquida. Por isso, deu-se o seu nome, gás liquefeito de petróleo, e a sua grande aplicabilidade como combustível, devido à facilidade de armazenamento e transporte do gás, a partir do seu engarrafamento em vasilhames. Esse gás é mais conhecido como “gás de cozinha”, devido ser esta a sua principal aplicação. A forma mais comum é em botijões de 13 kg, a uma pressão aproximada de 15 atm, pressão em que, à temperatura ambiente, 85% de seu volume está em estado líquido e 15% no estado vapor.

Para que os vazamentos de gás sejam facilmente identificados, compostos a base de enxofre são adicionados, apenas para lhe dar um odor característico, sem lhe atribuir características corrosivas.

Já é comum hoje a presença de postos de combustível, onde existe o **GNV (Gás Natural Veicular)**. Este gás é vendido nos postos com a pressão em torno de 200 atm, que é a pressão final especificada para o cilindro do veículo. Nestas condições, a quantidade acumulada fica em torno de 30 kg.



Figura 31 – Uso do GNV

Outro processo, de onde é extraído parte do GLP consumido no País, é o que ocorre nas **Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN)**, nas quais as frações mais pesadas do gás são separadas da corrente, produzindo GLP e um derivado na faixa da gasolina (conhecido como gasolina natural), que é um produto situado na faixa da gasolina, com características semelhantes.

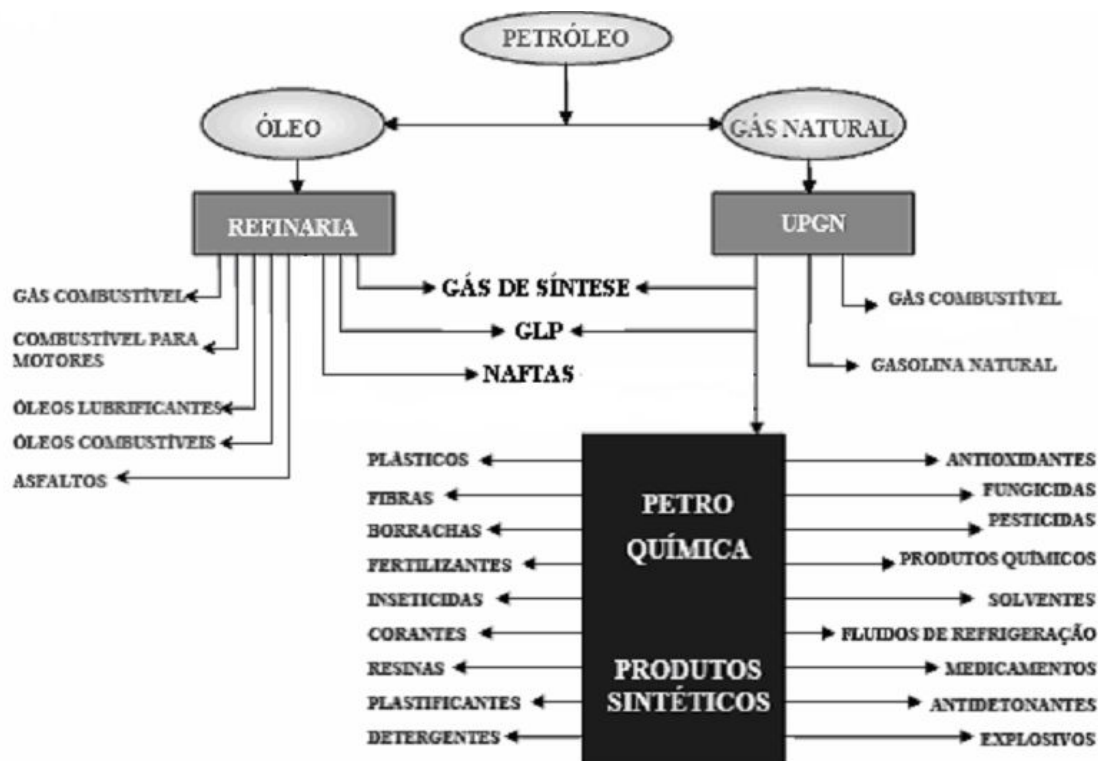


Figura 32 – Refinaria e UPGN

Existe uma limitação na quantidade de GLP produzida a partir da refinação do petróleo. Atualmente, com a gama de tipos de petróleo processados e as unidades em operação nas refinarias brasileiras, aproximadamente 9% do petróleo refinado é transformado em GLP. Em 1997, as unidades em operação nas refinarias, somadas com as UPGN, produziram uma média mensal de cerca de 325.000 toneladas (t) de GLP, o que fica muito aquém da demanda média brasileira de aproximadamente 525.000 t/mês. A diferença, em torno de 40% do consumo, é completada a partir de GLP importado. Daí a importância da existência de projetos de racionalização do uso deste combustível.

Vantagens do uso do gás natural:

- Automotivo: utilizado para motores de ônibus, automóveis e caminhões substituindo a gasolina e o álcool, pode ser até 70% mais barato que outros combustíveis e é menos poluente.
- Industrial: utilizada em indústrias para a produção de metanol, amônia e uréia.

Desvantagens do gás natural:

- As desvantagens em relação ao butano são: mais difícil de ser transportado, devido ao fato de ocupar maior volume, mesmo pressurizado, também é mais difícil de ser liquefeito, requerendo temperaturas da ordem de  $-160^{\circ}\text{C}$ .

- Algumas jazidas de gás natural podem conter mercúrio associado. Trata-se de um metal altamente tóxico e deve ser removido no tratamento do gás natural. O mercúrio é proveniente de grandes profundidades no interior da terra e ascende junto com os hidrocarbonetos.