



Refino do Petróleo

Prof. Marcos Villela Barcza

Processos Químicos Industriais III

Prof. Marcos Villela Barcza

REFINO DO PETRÓLEO

1- Introdução

Uma refinaria de petróleo, ao ser planejada e construída, pode destinar-se a dois objetivos básicos:

- Produção de combustíveis e matérias-primas petroquímicas;
- Produção de lubrificantes básicos e parafinas.

O primeiro objetivo constitui a maioria dos casos, uma vez que a demanda por combustíveis é muitíssimo maior que a de outros produtos. Aqui, é fundamental a produção em larga escala de frações destinadas à obtenção de GLP, gasolina, diesel, querosene e óleo combustível, dentre outros. Todas as refinarias brasileiras encontram-se neste grupo.

O segundo grupo, de menor expressão, constitui-se num grupo minoritário, cujo objetivo é a maximização de frações básicas lubrificantes e parafinas. Estes produtos têm valores agregados cerca de duas a três vezes maiores que os combustíveis e conferem alta rentabilidade aos refinadores, embora os investimentos sejam também maiores. No Brasil, não há nenhuma refinaria dedicada exclusivamente à produção de lubrificantes e parafinas, existem, no entanto, conjuntos dentro de alguns de nossos parques de refino que têm esse objetivo e funcionam quase como refinarias independentes.

Uma refinaria produz derivados com aplicações energéticas e não-energéticas. Os derivados energéticos ou combustíveis são:

- Gás combustível (utilizado na refinaria para aquecer fornos e caldeiras);
- Gás de petróleo liquefeito - GLP (gás engarrafado para uso doméstico, industrial e automotivo, produto intermediário na produção de petroquímicos, aerossóis);
- Gasolina (automotiva e de aviação de pequeno porte) - alternativamente: nafta ou gasolina (nafta leve para petroquímica, nafta média e pesada como combustível automotivo e de aviação de pequeno porte);
- Querosene (de aviação e de iluminação);
- Óleo diesel (para transporte de carga, passageiros e marítimos leves, instalações de aquecimento de pequeno porte);
- Óleo combustível (utilizado nas indústrias, no transporte marítimo pesado e na geração de energia elétrica);

Entre os derivados com aplicações não-energéticas (para uso industrial), destacam-se:

- Naftas e gasóleos petroquímicos;
- Solventes domésticos e industriais;
- Parafinas;
- Lubrificantes básicos;
- Asfalto;
- Coque.

2- **Esquema de refino:**

Não existem dois petróleos idênticos, suas diferenças vão influenciar, de forma decisiva, tanto nos rendimentos quanto na qualidade das frações. Dessa forma, o petróleo deve ser processado e transformado de maneira conveniente, com o propósito de obter-se a maior quantidade possível de produtos de maior qualidade e valor comercial. Atingir este objetivo, com o menor custo operacional, é a diretriz básica da refinação. As características dos petróleos têm ponderável influência sobre a técnica adotada para a refinação e, frequentemente, determinam os produtos que melhor podem ser obtidos.

Assim, é óbvio que nem todos os derivados podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de petróleo. Da mesma forma, não existe uma técnica de refino adaptável a todos os tipos de petróleo. A arte de compatibilizar as características dos vários petróleos que devam ser processados numa dada refinaria, com a necessidade em suprir de derivados, em quantidade e qualidade, que atendam a certa região de influência dessa refinaria, faz com que surjam arranjos de várias unidades de processamento, para que tal objetivo seja alcançado da forma mais racional e econômica possível. O encadeamento das várias unidades de processo dentro de uma refinaria é o que denominamos de *esquema de refino*.

Os *esquemas de refino* variam de uma refinaria para outra, não só pelos pontos acima expostos, como também pelo fato do mercado de uma dada região modificar-se com o tempo. A constante evolução na tecnologia dos processos faz com que surjam alguns de alta eficiência e rentabilidade, enquanto outros, de menor eficiência ou que apresentam maiores custos operacionais, entram em obsolescência. Processos de refino não são estáticos e definitivos, e sim dinâmicos num horizonte de médio e longo prazo.

3- **Tipos de processos:**

Os processos em uma refinaria podem ser classificados em quatro grandes grupos:

- Processos de Separação;
- Processos de Conversão;
- Processos de Tratamento;
- Processos Auxiliares.

3.1- **Processos de separação:**

São sempre de natureza física e têm por objetivo desdobrar o petróleo em suas frações básicas, ou processar uma fração previamente produzida, no sentido de retirar dela um grupo específico de compostos. Os agentes responsáveis por estas operações são físicos, por ação de energia (sob a forma de alterações de temperatura e/ou pressão) ou de massa (na forma de relações de solubilidade a solventes) sobre o petróleo ou suas frações. Uma importante característica nos processos de separação é o fato dos produtos obtidos poderem, exceto em situações de eventuais perdas ou contaminações, quando novamente misturados, reconstituir a carga original, uma vez que a natureza das moléculas não é alterada.

Como exemplos deste grupo de processos, podem ser citadas: Destilação (em suas várias formas), Estabilização de naftas, Desasfaltação a Propano, Desaromatização a Furfural, Desparafinação/Desoleificação a solvente (MIBC), Extração de Aromáticos e Adsorção de N-parafinas.

3.1.1- **Destilação:**

É um processo de separação dos componentes de uma mistura de líquidos miscíveis, baseado na diferença das temperaturas de ebulição de seus componentes individuais. Muito importante para uma refinaria, utiliza-se destilação quase que na totalidade dos processos de refino do petróleo e derivados.

As primeiras refinarias eram, na realidade, destilarias, porque as diferentes propriedades do petróleo não eram conhecidas. O processo era descontínuo, feito em bateladas e toda a carga era aquecida, sendo dividida em parte vaporizada (topo) e parte líquida (fundo) independente das composições intermediárias ou absorvidas na separação.

Extremamente versátil, é usada em larga escala no refino. Outros processos de separação, conversão e tratamento utilizam-na como etapa intermediária ou final de suas operações.

A destilação pode ser feita em várias etapas e em diferentes níveis de pressão, conforme o objetivo que se deseje. Assim, quando se trata de uma unidade de destilação de petróleo bruto, pode-se ter a destilação sub atmosférica, o pré-fracionamento e a debutanização. Nesse caso, o objetivo é o seu desmembramento nas frações básicas do refino, a saber: gás combustível, gás liquefeito, nafta, querosene, gasóleo atmosférico (óleo diesel), gasóleo de vácuo e resíduo de vácuo. Seus rendimentos são variáveis, em função do óleo processado.

A unidade de destilação de petróleo existe sempre, independente de qual seja o esquema de refino. É o principal processo, a partir do qual os demais são alimentados.

3.1.2- **Desasfaltação a propano:**

Este processo tem por objetivo extrair, por ação de um solvente (propano líquido em alta pressão), um gasóleo, que seria impossível obter por meio da destilação.

Como subproduto de extração, obtém-se o resíduo asfáltico, que, conforme o tipo de resíduo de vácuo processado e a severidade operacional, pode ser enquadrado como asfalto ou como óleo combustível ultra viscoso.

O óleo desasfaltado, principal produto do processo, pode ter dois destinos, de acordo com o objetivo do esquema de refino. Caso este seja a obtenção de combustíveis, o óleo desasfaltado deverá incorporar-se ao gasóleo pesado (GOP) e ambos seguirão para a unidade de craqueamento catalítico, para sua conversão em nafta e GLP.

Se o objetivo for a produção de lubrificantes, então o óleo desasfaltado irá gerar, em função de sua viscosidade, o óleo básico "*Brightstock*" ou o óleo de cilindro. Em ambos os casos, estes lubrificantes inacabados irão passar por outros processos para melhoria de qualidade.

3.1.3- **Desaromatização a furfural:**

Processo típico da produção de lubrificantes, a desaromatização a furfural, como o próprio nome sugere, consiste na extração de compostos aromáticos polinucleados de altas massas molares por meio de um solvente específico, no caso o furfural.

Um óleo lubrificante pode trabalhar em condições de alta e baixa temperatura, esperando se dele um comportamento o mais uniforme possível em relação à viscosidade. Sabe-se que os compostos causadores das maiores flutuações de viscosidade são justamente os aromáticos.

Assim sendo, quando os aromáticos são retirados de um corte lubrificante, assegura-se uma menor variação da viscosidade com a temperatura. A propriedade que mede o inverso da variação da viscosidade com a variação da temperatura é chamada de índice de viscosidade (IV). Quanto maior o IV, menor a variação da viscosidade com a temperatura.

A desaromatização a furfural tem, então, por objetivo aumentar o índice de viscosidade de óleos lubrificantes. O subproduto desse processo é o extrato aromático, um óleo pesado e viscoso, que pode ser utilizado como óleo extensor de borracha sintética, ou pode ser adicionado ao "pool" de óleo combustível da refinaria. O produto principal, o óleo desaromatizado, é estocado para seu posterior processamento, na unidade de desparafinação a Metil-Isobutil-Cetona (MIBC).

A desaromatização de lubrificantes era realizada, no passado, usando-se o fenol como solvente. Com o advento da utilização do furfural, o processo que usava fenol entrou em obsolescência.

3.1.4- **Desparafinação a MIBC (Metil-Isobutil-Cetona):**

Um lubrificante colocado num equipamento, inicialmente opera em condições ambientais de temperatura, ou em alguns casos em baixas temperaturas, uma vez que a máquina, em geral, não é aquecida. O óleo deve ter, então, em tais condições, possibilidades de escoamento adequado para que a lubrificação não fique comprometida, necessitando, em função disto, apresentar baixo ponto de fluidez. Para que esta característica seja alcançada, deve-se remover as cadeias parafínicas lineares, uma vez que estas são responsáveis pela baixa fluidez do óleo.

É feita com o auxílio de um solvente que, em baixas temperaturas, solubiliza toda a fração oleosa, exceto as parafinas, que permanecem em fase sólida. Em face da baixa viscosidade reinante no meio, em função da grande quantidade de solvente presente, é possível fazer-se uma filtração, separando-se as n-parafinas.

O óleo desparafinado é enviado à estocagem intermediária, de onde seguirá para o processo de hidroacabamento, enquanto a parafina oleosa será também estocada, podendo ter dois destinos. Caso exista no conjunto de lubrificantes uma unidade de desoleificação de parafinas, ela deve ser aí processada, com o propósito de produzir parafinas comerciais. Se essa opção não existir, o destino será sua adição ao gasóleo, que será processado no craqueamento catalítico.

O solvente utilizado, atualmente, é a Metil-Isobutil-Cetona (MIBC). Já foram usados, no passado, a mistura de Metil-Etil-Cetona (MEC) e tolueno, e, mais remotamente, o propano líquido. A MIBC apresenta vantagens significativas em relação aos demais solventes, sendo por isso empregada atualmente.

A desparafinação é, certamente, a mais cara das unidades de conjunto de lubrificantes, em função, principalmente, do grande número de equipamentos existentes no processo.

3.1.5- **Desoleificação a MIBC (Metil-Isobutil-Cetona):**

A desoleificação a MIBC é um processo idêntico à desparafinação, apenas realizada em condições mais severas, visando remover o óleo contido na parafina, de forma a enquadrá-la como produto comercial, o que seria impossível sem essa unidade.

A parafina oleosa, carga do processo, é desmembrada em duas correntes. A fração oleosa, removida pela ação do solvente e da filtração, é denominada parafina mole, e, por tratar-se de um gasóleo, normalmente é enviada ao craqueamento, depois de ter a MIBC removida. A parafina mole pode ser também aproveitada para a produção de geléias, óleos, vaselinas e outros produtos farmacêuticos, embora seu mercado seja bem restrito.

O produto comercial, conhecido como parafina dura, depois desta operação, é estocado para posterior processamento na unidade de hidrotreatamento onde finalmente é especificada.

Devido à desoleificação ser quase sempre integrada à desparafinação e também por ter um porte menor, o capital investido nessa unidade é bem menor.

3.1.6- **Extração de aromáticos:**

A extração de aromáticos, também conhecida como recuperação de aromáticos (URA), é uma unidade que tem um objetivo semelhante à desaromatização a furfural, embora carga, solvente, produtos e condições operacionais sejam bem distintas. Em ambas as unidades, o objetivo é extrair os aromáticos da carga por meio de um solvente.

A carga é uma nafta proveniente de uma unidade de reforma catalítica, bastante rica em aromáticos leves, como benzeno, tolueno e xilenos (BTXs). Estes hidrocarbonetos têm um alto valor no mercado, uma vez que são importantes matérias-primas para a indústria petroquímica, podendo atingir preços duas a três vezes superiores à nafta.

A extração é feita com um solvente, podendo ser o Tetra-Etileno-Glicol (TEG), a N-Metil- Pirrolidona (NMP) associada ao Mono-Etileno- Glicol (MEG), ou o Sulfolane. O uso de um deles é feito em função das condições do processo escolhido.

Os aromáticos extraídos, depois da remoção do solvente, são fracionados e destinados à estocagem para futura comercialização, os não aromáticos, depois também da remoção do solvente, são enviados ao "pool" de gasolina.

A URA é uma unidade que confere boa lucratividade ao parque de refino, devido à grande distância entre o preço de carga e dos aromáticos.

3.1.7- **Adsorção de parafinas:**

A unidade de adsorção de n-parafinas é própria para a remoção de cadeias parafínicas lineares contidas na fração querosene. Tais hidrocarbonetos, embora confirmam excelente qualidade ao querosene de iluminação, são extremamente prejudiciais em se tratando do querosene de aviação, por elevarem seu ponto de congelamento quando presentes em concentrações razoáveis.

As n-parafinas removidas, por outro lado, são valiosas matérias-primas para a indústria petroquímica, especificamente para a produção de detergentes sintéticos biodegradáveis. Assim sendo, a adsorção de n-parafinas do querosene é um processo bastante interessante, porque, não só consegue especificar adequadamente o querosene de aviação (QAV), como também produz n-parafinas. Isto é conseguido por meio de uma adsorção das cadeias lineares presentes no querosene, através de sua passagem em fase gasosa num leito de peneiras moleculares. O leito captura as n-parafinas, permitindo a passagem dos demais compostos presentes no querosene. Mais tarde, numa outra etapa, os hidrocarbonetos absorvidos são removidos do leito com auxílio de um

diluyente, separados deste, fracionados e estocados para o futuro envio à indústria petroquímica.

3.2- **Processos de conversão:**

Os processos de conversão são sempre de natureza química e visam transformar uma fração em outra(s), ou alterar profundamente a constituição molecular de uma dada fração, de forma a melhorar sua qualidade, valorizando-a. Isto pode ser conseguido através de reações de quebra, reagrupamento ou reestruturação molecular.

As reações específicas de cada processo são conseguidas por ação conjugada de temperatura e pressão sobre os cortes, sendo bastante frequente também a presença de um agente promotor de reação, denominado catalisador. Conforme a presença ou ausência deste agente, pode classificar os processos de conversão em dois subgrupos: catalíticos ou não catalíticos.

É importante ressaltar que, devido às alterações químicas processadas, os produtos que saem desses processos, se misturados, não reconstituem a carga original. Processos de conversão são, em geral, de elevada rentabilidade, principalmente quando transformam frações de baixo valor comercial (gasóleos, resíduos) em outras de maiores valores (GLP, naftas, querosenes e diesel).

De forma similar aos processos de separação, os de conversão apresentam, também como característica, elevado investimento para suas implantações, no entanto principalmente os processos de craqueamento térmico ou catalítico apresentam curto tempo de retorno do capital investido. Em alguns casos, o retorno do capital pode ocorrer em cerca de um ano apenas. Como exemplo destes processos, podem ser citados o craqueamento catalítico, o hidrocrackeamento (catalítico e catalítico brando), a alcoilação, a reformação e a isomerização, todos catalíticos. Dentre os não catalíticos, podemos citar processos térmicos tais como: o craqueamento térmico, a viscorredução, o coqueamento retardado ou fluido. Cabe ressaltar que a alcoilação e a reformação são processos de síntese e rearranjo molecular, respectivamente, enquanto os outros exemplos aqui abordados são de craqueamento.

3.2.1- **Craqueamento térmico:**

O craqueamento térmico é o mais antigo dos processos de conversão, surgindo logo após o advento da destilação. Seu aparecimento data do início do século XX, tendo uma importância relevante até o início dos anos cinquenta, quando entrou em obsolescência, deslocado pelo craqueamento catalítico.

Tem por finalidade quebrar moléculas presentes no gasóleo de vácuo ou no resíduo atmosférico, por meio de elevadas temperaturas e pressões, visando obter-se principalmente gasolina e GLP. Gera também, como subprodutos, gás combustível, óleo leve (diesel de craqueamento) e óleo residual, além da formação de coque.

Este, por sinal é o principal problema do processo, porque, como o coque não é removido continuamente dos equipamentos, acaba sendo acumulado, o

que provoca entupimentos obrigando assim a frequentes paradas para descoqueificação, reduzindo em muito o fator operacional.

3.2.2- **Viscorredução:**

A viscorredução é um processo desenvolvido por volta dos anos trinta, seguindo a linha do craqueamento térmico. O objetivo é a redução da viscosidade de um resíduo, que será usado como óleo combustível, por meio da quebra de suas moléculas mais pesadas, através da ação térmica.

Para que isso ocorra sem que haja uma excessiva formação de coque, uma vez que a carga é um resíduo, as condições operacionais são sensivelmente mais brandas que as existentes no craqueamento térmico convencional.

Em função da quebra de algumas moléculas, ocorre a formação de uma apreciável quantidade de hidrocarbonetos na faixa do diesel e do gasóleo que, não sendo removidos, entrariam como diluentes do resíduo processado, reduzindo sua viscosidade. Também há, de forma semelhante ao craqueamento térmico, formação de gás combustível, GLP e nafta, porém em menor escala, em função da pouca severidade.

A viscorredução teve sua fase de importância entre os anos trinta e cinquenta, quando também foi atingida pelo advento do craqueamento catalítico e da destilação a vácuo. Atualmente, é um processo considerado obsoleto, em face do seu alto custo operacional e de sua baixa rentabilidade.

3.2.3- **Coqueamento retardado:**

O coqueamento retardado é também um processo de craqueamento térmico. Sua carga é resíduo de vácuo que, submetido a condições bastante severas, craqueia moléculas de cadeia aberta e moléculas aromáticas polinucleadas, resinas e asfaltenos, produzindo gases, nafta, diesel, gasóleo e, principalmente, coque de petróleo.

É um processo que surgiu logo após a segunda guerra mundial, e tinha inicialmente por objetivo craquear resíduos para produzir uma quantidade maior de gasóleo para craqueamento. O coque gerado era considerado como subproduto, sendo vendido a preço de carvão mineral.

Com a evolução da indústria do alumínio, o coque de petróleo mostrou-se um excelente material para a produção dos eletrodos necessários para obtenção daquele metal, bem como para uso na siderurgia, na obtenção de aços especiais. Isto fez com que o coque passasse a ter uma maior importância e, por consequência, maior preço.

A crise do petróleo trouxe consigo uma crescente importância para o coqueamento, um processo que transforma uma fração bastante depreciada, o resíduo de vácuo, em outras de muito maior valor comercial, como o GLP, a nafta, o diesel e o gasóleo, a possibilidade de executar a transformação de frações residuais em leves e médias, conferiu ao processo um outro "status", que, até então, não era reconhecido, em face principalmente de sua grande

rentabilidade e flexibilidade operacional. Isto fez com o coqueamento, que caminhava para a inexorável obsolescência tivesse sua importância revigorada, sendo hoje um processo sempre cogitado em qualquer estudo relativo a ampliações, modernizações ou implantações de novas refinarias.

3.2.4- **Craqueamento catalítico:**

O craqueamento catalítico é um processo de quebra molecular. Sua carga é uma mistura de gasóleo de vácuo e óleo desasfaltado, que, submetida a condições bastante severas em presença do catalisador, é transformada em várias outras frações mais leves, produzindo gás combustível, gás liquefeito, nafta, gasóleo leve (diesel de craqueamento) e gasóleo pesado de craqueamento (óleo combustível). As reações produzem também coque, que se deposita no catalisador e é queimado na regeneração desse último, gerando gás de combustão, de alto conteúdo energético, usado na geração de vapor d'água de alta pressão. O processo surgiu um pouco antes da segunda guerra mundial, tomando um notável impulso com este conflito, em face à grande necessidade dos aliados em relação a suprimentos de gasolina e material petroquímico para suas tropas. Com o fim da guerra, o craqueamento catalítico firmou-se, devido, principalmente, à produção de nafta, em maior quantidade, de melhor qualidade e com custos de produção bem inferiores aos outros processos existentes na época.

É um processo destinado, por excelência, à produção de nafta de alta octanagem, o derivado que aparece em maior quantidade, de 50 a 65% do volume em relação à carga processada. O segundo derivado em maior proporção é o GLP, de 25 a 40 % do volume em relação à carga. Em menores rendimentos, temos também o óleo diesel de craqueamento (LCO), o óleo combustível de craqueamento (óleo decantado/ clarificado), o gás combustível e o gás ácido (H₂S). O coque gerado é depositado no catalisador e queimado na regeneração.

O craqueamento catalítico, também conhecido como FCC ("Fluid Catalytic Cracking"), é um processo de grande versatilidade e de elevada rentabilidade no quadro atual do refino, embora seja também uma unidade de alto investimento para sua implantação.

3.2.5- **Hidro craqueamento catalítico:**

O hidro craqueamento catalítico, também conhecido como HCC (Hydrocatalytic Cracking), é um processo que consiste na quebra de moléculas existentes na carga de gasóleo por ação conjugada do catalisador, altas temperaturas e pressões, e presença de grandes volumes de hidrogênio. Ao mesmo tempo em que ocorrem as quebras, simultaneamente acontecem reações de hidrogenação do material produzido. É um processo que concorre, portanto, com o craqueamento catalítico fluido.

O HCC surgiu na década de cinquenta, atingindo seu apogeu no início dos anos setenta, pouco antes da crise do petróleo. Com o aumento do preço do óleo, de seus derivados, e do preço do gás natural, principal matéria-prima para obtenção do hidrogênio, este também teve seu preço extremamente elevado, afetando bastante a rentabilidade do processo. Isto fez com que houvesse

retração na implantação de novas unidades, tanto nos Estados Unidos, quanto nos demais países.

A grande vantagem do hidrocraqueamento é sua extrema versatilidade. Pode operar com cargas que variam, desde nafta, até gasóleos pesados ou resíduos leves, maximizando a fração que desejar o refinador – desde gasolina, até gasóleo para craqueamento – obviamente em função da carga.

Outra grande vantagem constatada é a qualidade das frações no que diz respeito a contaminantes. Diante das severíssimas condições em que ocorrem as reações, praticamente todas as impurezas, como compostos de enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais, são radicalmente reduzidas ou eliminadas dos produtos.

A desvantagem do processo consiste nas drásticas condições operacionais. Elevadas pressões e temperaturas são usadas, o que obriga a utilização de equipamentos caros e de grande porte, com elevado investimento, não só pelo que já foi exposto, mas também pela necessidade de implantação de uma grande unidade de geração de hidrogênio, cujo consumo no processo é extremamente alto.

3.2.6- **Hidrocraqueamento catalítico brando:**

O hidrocraqueamento catalítico brando, também conhecido como MHC (“Mild Hydrocracking”), desenvolvido durante a década de oitenta na França e nos Estados Unidos, é uma variante do HCC, operando, porém, em condições bem mais brandas que o anterior, principalmente em termos de pressão. Sua grande vantagem é que, a partir de uma carga de gasóleo convencional, é possível produzir grandes volumes de óleos diesel de excelente qualidade, sem gerar grandes quantidades de gasolina. Devido ao elevado consumo de diesel no Brasil e à perspectiva de um aumento em sua demanda no final do século e anos seguintes, esta pode ser uma alternativa interessante para o refino no país.

Embora seja um processo pouco mais barato que o HCC convencional, ainda assim sua construção requer alto investimento.

3.2.7- **Alquilação catalítica:**

A alcoilação catalítica ou alquilação, consiste na junção de duas moléculas leves para a formação de uma terceira de maior peso molecular, reação esta catalisada por um agente de forte caráter ácido. Na indústria do petróleo, esta rota é usada para produção de gasolina de alta octanagem a partir de componentes de gás liquefeito de petróleo, utilizando-se como catalisador HF (ácido fluorídrico) ou H₂SO₄ (ácido sulfúrico).

Além da gasolina de alquilação, seu principal produto, a unidade gera em menor quantidade nafta pesada, propano e n-butano de alta pureza. A primeira é endereçada ao “pool” de gasolina comum, enquanto os gases podem ser vendidos separadamente para usos especiais, ou ser incorporados ao “pool” de GLP da refinaria. O produto alquilado vai para a produção de gasolina automotiva de alta octanagem ou para a geração de gasolina de aviação.

Em petroquímica, a alquilação é largamente utilizada para a geração de intermediários de grande importância, tais como o etil-benzeno (produção de estireno), o isopropil-benzeno (produção de fenol e acetona) e o dodecil-benzeno (produção de detergente).

No que se refere à produção de gasolina de alta octanagem, este é um processo largamente utilizado em países onde a demanda por gasolina é elevada e, é claro, haja disponibilidade do GLP, matéria-prima essencial ao processo. Nessa situação, são destacados os Estados Unidos, o Canadá e o México. Há também unidades dessas construídas na Europa Ocidental e no Japão, embora em muito menor proporção.

3.2.8- **Reforma catalítica:**

A reformação catalítica ou reforma, como é mais conhecida, tem por objetivo principal transformar uma nafta de destilação direta, rica em hidrocarbonetos parafínicos, em outra, rica em hidrocarbonetos aromáticos. É um processo de aromatização de compostos parafínicos e naftênicos, visando a produção de gasolina de alta octanagem ou a produção de aromáticos leves (benzeno, tolueno e xilenos) para posterior geração de compostos petroquímicos.

O catalisador utilizado é constituído de um suporte de alumina, impregnado do elemento ativo de natureza metálica, geralmente Platina associada a um ou dois outros elementos de transição, Rênio, Ródio ou Germânio. Embora a quantidade dos elementos citados na composição do catalisador seja bem baixa (1,0% em massa no máximo), devido ao preço desses metais, o custo do catalisador é extremamente alto.

O principal produto do processo é a nafta de reforma, porém, outras frações são geradas em menores quantidades, tais como gás liquefeito, gás combustível, gás ácido e uma corrente rica em hidrogênio. Esta última pode ser usada em unidades de hidrotreatamento que não necessitem de grandes vazões e de elevadas purezas de hidrogênio.

A reforma surgiu no início da 2.^a Guerra Mundial, tendo se desenvolvido muito nos anos cinquenta, quando, ao lado do craqueamento catalítico, era a principal geradora de gasolina de alta octanagem. Entretanto, o crescimento da indústria petroquímica, tendo a nafta como sua principal matéria-prima, fez com que o preço dessa fração aumentasse bastante, aproximando-se muito do preço final da gasolina, afetando sobremaneira a rentabilidade do processo. Hoje este processo não é mais considerado como interessante economicamente para a produção de gasolina.

Tal raciocínio não vale, porém, se o objetivo final é a produção de aromáticos puros (BTXs). Os preços destes no mercado mundial são em média o dobro do preço da nafta petroquímica, o que torna a reforma catalítica extremamente rentável nessa situação.

Este processo é largamente empregado nos Estados Unidos, Canadá e Europa Ocidental, constituiu-se nesta última durante muito tempo como a

principal rota para a produção de gasolina de alta octanagem, superando até mesmo o craqueamento catalítico. Hoje, com o progressivo aumento do uso do gás natural na Europa e com o conseqüente deslocamento do óleo combustível, implementa-se o uso do FCC. Boa parte das unidades de reforma opera atualmente na produção de aromáticos e muito menos à produção de gasolina.

A restrição ambiental que limita o teor máximo de aromáticos presente na gasolina poderá fazer com que a nafta reformada seja banida aos poucos da constituição do "pool" daquele produto, ficando sua operação destinada quase que exclusivamente à produção de aromáticos. Isto já ocorre em muitas refinarias norte-americanas.

3.3- **Processos de tratamento:**

Os processos de tratamento têm por finalidade principal eliminar as impurezas que, estando presentes nas frações, possam comprometer suas qualidades finais; garantindo, assim, estabilidade química ao produto acabado. Dentre as impurezas, os compostos de enxofre e nitrogênio, por exemplo, conferem às frações propriedades indesejáveis, tais como, corrosividade, acidez, odor desagradável, formação de compostos poluentes, alteração de cor, etc.

As quantidades e os tipos de impurezas presentes nos produtos são extremamente variados, diferindo também conforme o tipo de petróleo os cortes vão ficando mais pesados, a quantidade de impurezas cresce proporcionalmente, o que dificulta a remoção.

Os processos de tratamento podem ser classificados em duas categorias: convencionais e hidroprocessamento. Os primeiros são aplicados às frações leves, enquanto o segundo grupo é usado, principalmente, para frações médias e pesadas.

3.3.1- **Tratamento cáustico:**

O tratamento cáustico consiste numa lavagem da fração de petróleo por uma solução aquosa de NaOH (soda cáustica) ou de KOH (potassa cáustica). O objetivo deste tratamento é a eliminação de compostos ácidos de enxofre, tais como o H_2S e mercaptanas de baixas massas molares (R-SH). Compostos sulfurados diferentes dos mencionados anteriormente não podem ser removidos por este tratamento. O processo consegue remover também, porém em menor escala, cianetos e fenóis, compostos que normalmente estão presentes na nafta de craqueamento.

Em função das limitações do tratamento cáustico, é utilizado somente para frações muito leves, tais como o gás combustível, o GLP e naftas. Em casos excepcionais, pode ser empregado para o tratamento de querosene, porém com baixa eficiência na remoção de impurezas.

Pode ser encontrado em seções de tratamento em unidades de destilação, craqueamento e alquilação. Uma das desvantagens do processo é o elevado consumo de soda ou potassa cáustica e a geração de grandes volumes de resíduo (soda ou potassa gasta).

3.3.2- **Tratamento Merox:**

O tratamento Merox consiste numa lavagem cáustica semelhante à anterior, mas com a vantagem da regeneração da soda cáustica consumida no processo, reduzindo substancialmente o custo operacional.

Em função dessa regeneração, produzem-se dissulfetos, que, conforme a opção adotada possa, ou não, ser retirados da fração tratada. Afora isso, suas limitações e aplicações são idênticas àquelas vistas para o tratamento cáustico, e, da mesma maneira, trabalha em baixas condições de temperatura e pressão.

O tratamento Merox também é utilizado no processo de adoçamento (redução de corrosividade) de nafta de craqueamento, cujo objetivo principal é melhorar a qualidade do querosene de aviação pela transformação de compostos corrosivos (mercaptanas) em compostos não corrosivos (dissulfetos).

Neste tratamento, é feita a lavagem cáustica do querosene, adoçamento, transformação dos mercaptanas em dissulfetos nos reatores Merox e, após, polimento.

3.3.3- **Tratamento Bender:**

O tratamento Bender é um processo de adoçamento, desenvolvido com o objetivo de melhorar a qualidade do querosene de aviação. Não tem por objetivo a redução do teor de enxofre, e sim transformar compostos sulfurados corrosivos (mercaptanas) em outras formas pouco agressivas (dissulfetos). É um processo em que se conjugam lavagens cáusticas e reações com enxofre com ações de campos elétricos de alta voltagem.

Não é um processo eficiente na eliminação dos compostos nitrogenados, como acontece no caso das frações da faixa do querosene provenientes de alguns tipos de petróleos. Nessa situação opta-se por outro tipo de processo, o hidrotreatamento.

O tratamento Bender é pouco usado, tendendo para a obsolescência, uma vez que os modernos rumos no refino são caminhar cada vez mais no sentido dos processos de hidrogenação. O investimento necessário ao Bender é semelhante ao do tratamento Merox das naftas e querosene.

3.3.3- **Tratamento DEA:**

O tratamento DEA (dietanoamina) é um processo específico para remoção do H_2S de frações gasosas do petróleo, ou seja, do gás natural, do gás combustível e do gás liquefeito. Remove também o dióxido de carbono (CO_2), que eventualmente possa estar presente na corrente gasosa.

A grande vantagem deste tratamento consiste na capacidade de regenerar a DEA que removeu o H_2S e/ou o CO_2 , produzindo uma corrente de gás ácido, bastante rica em enxofre. A recuperação de enxofre é feita por meio de uma unidade denominada URE (Unidade de Recuperação de Enxofre).

Da mesma maneira que os processos anteriores, o tratamento DEA opera também em condições brandas de pressões e temperaturas. No ponto de maior temperatura, esta não ultrapassa 135°C. É um tratamento obrigatório em unidades de craqueamento catalítico, onde são encontradas correntes gasosas cujas concentrações de H₂S são extremamente altas. Em correntes gasosas, desprovidas de sulfeto de carbolina (SCO), a DEA pode ser substituída com vantagens pela MEA (Mono-Etanol-Amina), entretanto este não é o caso de correntes provenientes do craqueamento.

3.3.4- **Hidrotratamento:**

O hidrotratamento é um processo de refino utilizando processo de hidrogenação catalítica cuja finalidade é estabilizar um determinado corte de petróleo ou eliminar compostos indesejáveis dos mesmos. A estabilização de frações de petróleo é conseguida por meio da hidrogenação de compostos reativos presentes, como por exemplo, olefinas. Os elementos indesejáveis removidos por hidrogenação incluem: enxofre, nitrogênio, oxigênio, halogênios e metais.

O hidrotratamento pode ser empregado a todos os cortes de petróleo, tais como gases, naftas, querosene, diesel, gasóleos para craqueamento, lubrificantes, parafinas, resíduos atmosféricos e de vácuo, etc.

Atualmente, o processamento com hidrogênio é intensamente aplicado em refinarias modernas, devido principalmente a dois fatores:

- Necessidade de reduzir cada vez mais os teores de enxofre e nitrogênio nos derivados, uma vez que os gases de queima destes elementos (SO_x e NO_x) são altamente poluentes;
- Novas tecnologias permitiram a produção de hidrogênio a preços razoavelmente baixos, tornando os processos de hidrogenação econômicos (o hidrogênio pode ser obtido de uma corrente gasosa de unidades de reforma catalítica ou por intermédio de unidades de geração próprias).

As condições de operação dependem bastante do tipo de derivado que desejamos tratar. Assim, quanto mais pesada for a fração a ser tratada e maior o teor de impurezas, mais altas deverão ser as condições de temperatura e pressão.

Os catalisadores mais empregados são à base de óxidos ou sulfetos de metais de transição, tais como níquel, cobalto, molibdênio, tungstênio e ferro, geralmente suportados em alumina (Al₂O₃). O suporte não deve ter características ácidas, para que não ocorram reações de craqueamento, o que seria indesejável.

A atividade dos catalisadores acima mencionados é bastante alta, e sua vida útil é também bastante longa.

Quando se deseja fazer a dessulfurização de uma determinada fração, catalisadores de cobalto-molibdênio sobre suporte de alumina são amplamente utilizados por sua alta seletividade, facilidade de regeneração e grande resistência a envenenamentos. Caso, contudo, deseje-se fazer também a remoção de nitrogênio, catalisadores à base de níquel-molibdênio suportados em alumina são mais eficientes. A remoção de nitrogênio normalmente é mais difícil de ser realizada que a remoção de enxofre, obrigando o uso de catalisadores mais ativos.

3.4- **Processos auxiliares:**

São aqueles que se destinam a fornecer insumos à operação dos outros anteriormente citados, ou a tratar rejeitos desses mesmos processos. Incluem-se, neste grupo, a geração de hidrogênio (fornecimento deste gás às unidades de hidroprocessamento), a recuperação de enxofre (produção desse elemento a partir da queima do gás ácido rico em H₂S) e as utilidades (vapor, água, energia elétrica, ar comprimido, distribuição de gás e óleo combustível, tratamento de efluentes e tocha), que, embora não sejam de fato unidades de processo, são imprescindíveis a eles.

3.4.1- **Geração de hidrogênio:**

As modernas refinarias precisam do hidrogênio para processos de hidrotratamento e hidrocraqueamento, com o objetivo de produzir derivados mais nobres e de melhor qualidade a partir de cargas residuais. Muitas refinarias produzem uma quantidade de hidrogênio suficiente para pequenas unidades de hidrotratamento, utilizando gás residual oriundo da operação de reforma catalítica de nafta (produção de gasolina de alta octanagem ou aromáticos). Ocorre, entretanto, que nem todas as refinarias dispõem de reforma catalítica, ou, se dispõem, nem sempre o gás produzido é suficiente para o consumo, normalmente se as unidades de hidrotratamento e/ou hidrocraqueamento são de grande porte.

Esta quantidade suplementar de hidrogênio requerido pode ser obtida através de dois processos: oxidação parcial de frações pesadas, como óleo combustível, ou, reforma com vapor de frações leves (gás natural, gás combustível, gás liquefeitos e nafta).

3.4.2- **Recuperação de enxofre:**

A Unidade de Recuperação de Enxofre (URE) é uma continuação natural do Tratamento DEA. Este tratamento retira o H₂S do gás combustível e do GLP, produzindo uma corrente de gás ácido. Tal corrente, cujo teor de H₂S é elevado, da ordem de 90% em volume, pode ter dois destinos: queima no "flare" químico da refinaria, ou utilização como carga para a URE, que também pode receber gás ácido de outras unidades, tais como hidrotratamento, hidrocraqueamento, reforma catalítica, coqueamento retardado, entre outras.

A produção de enxofre é conseguida por meio da oxidação parcial do H₂S contido no gás ácido, através do *Processo Clauss*.

4- Tipos de refinaria:

Com a evolução do processo de refino no mundo e a entrada de cargas mais pesadas, deixou de utilizar exclusivamente torres de destilação atmosférica, em favor de tecnologias que agregassem maior valor ao petróleo e atendessem demandas por combustíveis específicos.

Entretanto, segundo localizações dos centros refinadores (próximos aos núcleos consumidores), eventuais possibilidades de compra de cargas pelo menor custo de transporte e perfis de consumo dos derivados, observa-se a improbabilidade de haver refinarias iguais no mundo.

4.1- Refinaria orientada para produção de combustíveis e aromáticos:

Trata-se de uma refinaria bastante flexível porque possui vários processos "fundo de barril" além de processos que a capacitam produzir produtos petroquímicos, benzeno, tolueno e xileno (BTX) e gasolina de alta octanagem graças ao processo de alquilação catalítica. (Figura 1).

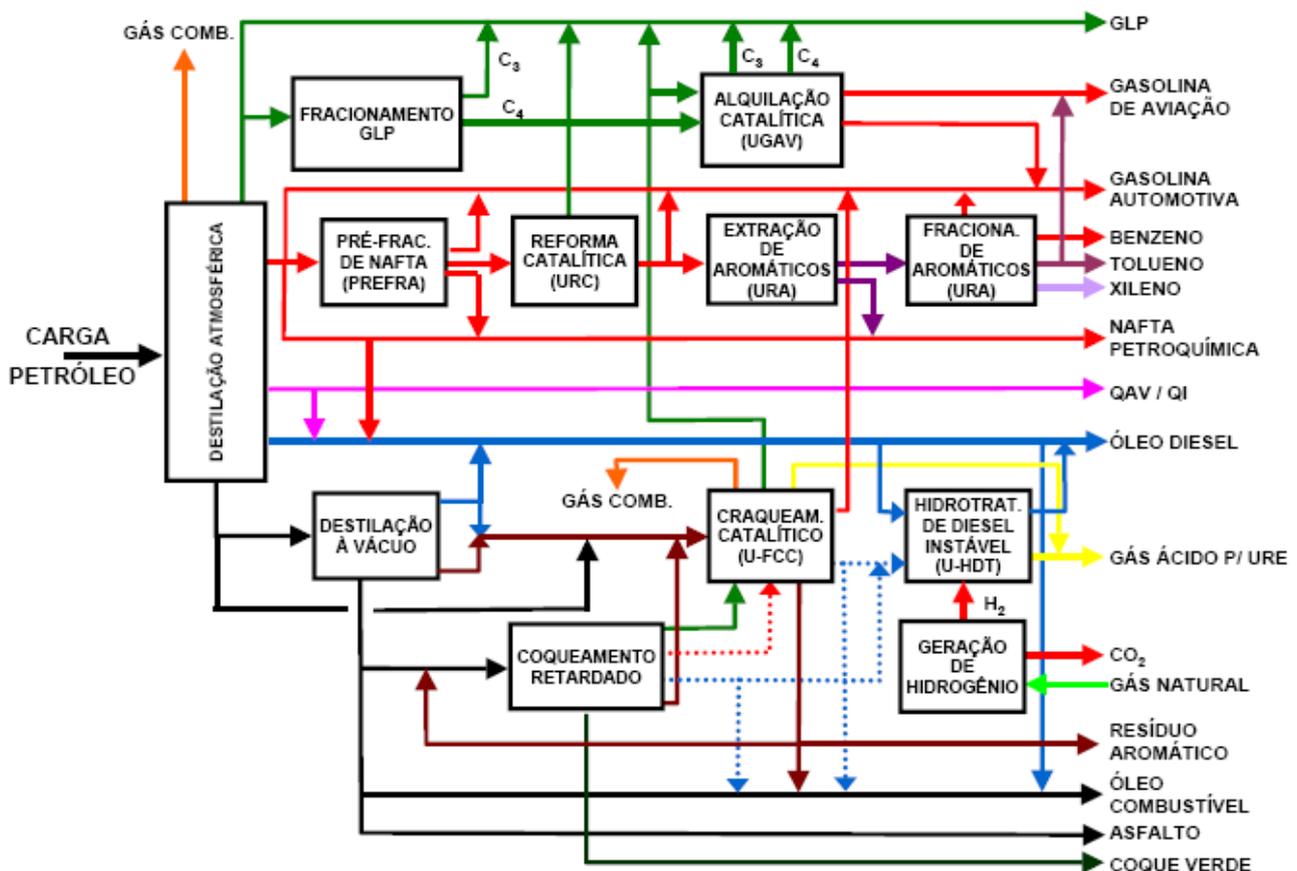


Figura 1 Esquema de refino orientado para produção de combustíveis e aromáticos.

4.2- Refinaria orientada para produção de lubrificantes e parafinas:

A Figura 2 mostra um esquema de refino voltado para produção de óleos básicos para lubrificantes e parafinas. Observa-se que neste esquema encontram-se apenas processos físicos (exceto o hidrotreatamento), ou seja, não há uma mudança significativa nas substâncias químicas presentes na carga de petróleo. Isso leva a refinaria a ter que operar com uma faixa estreita de tipos

de petróleos para produzir lubrificantes de qualidade. Os lubrificantes possuem um valor agregado bem maior se comparado com o valor dos combustíveis, mas por outro lado, o mercado é pequeno, cerca de 1%.

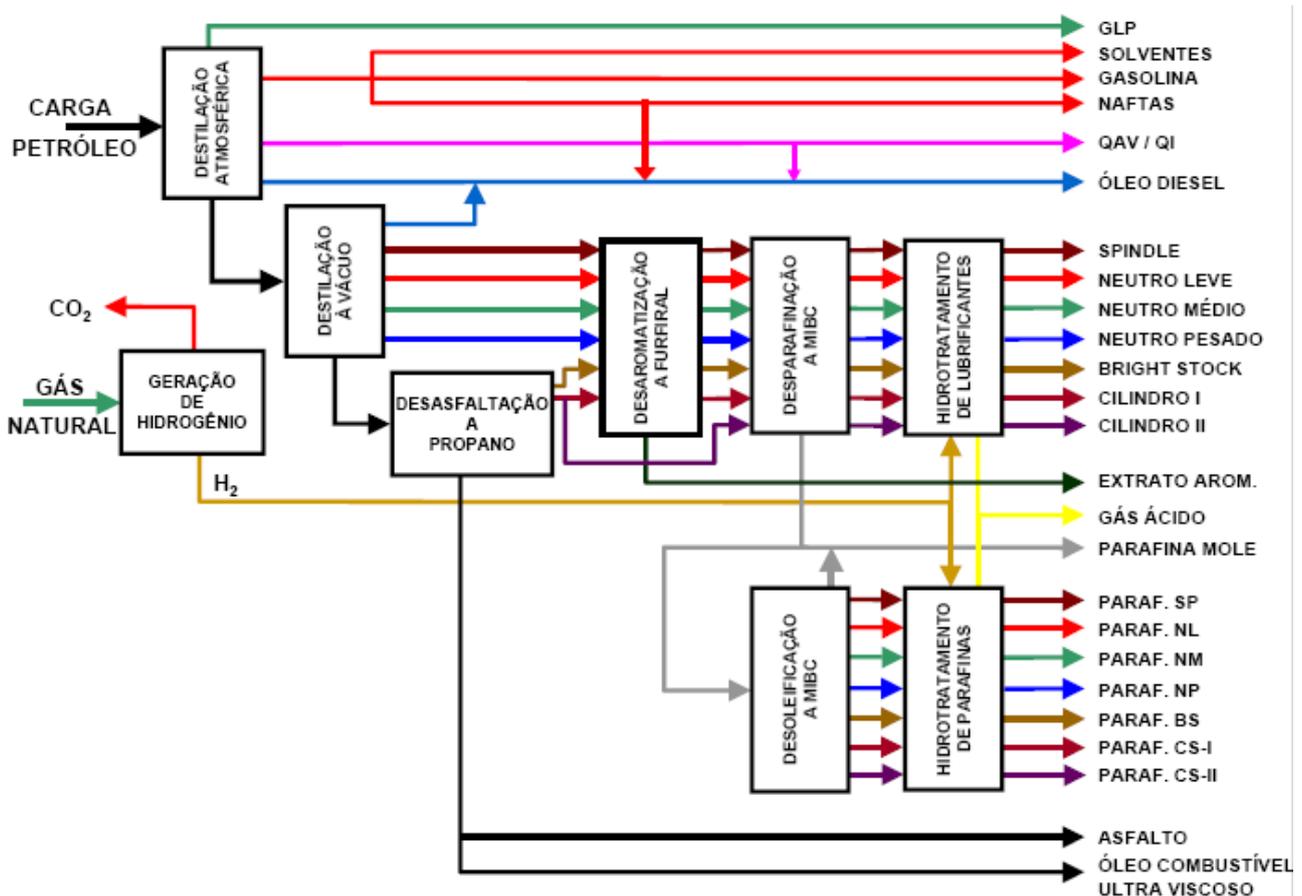


Figura 2 Esquema de refino orientado para produção de lubrificantes e parafinas.

4.3- **Refinaria Hycon-IGCC:**

Esta refinaria representa o estado-da-arte do refino mundial. Basicamente, trata-se do esquema craqueamento adicionado a uma unidade de hidroconversão de resíduos (*Hycon*) e/ou uma unidade de gaseificação para geração de hidrogênio e/ou eletricidade em ciclo combinado (IGCC - Integrated Gasification Combined Cycle). A presença destas unidades pode, a princípio, reduzir significativamente a proporção de resíduos pesados no produto final, uma vez que o *hycon* converte resíduo de vácuo em gasolina, querosene e diesel, com alta flexibilidade, em detrimento do óleo combustível (Figura 3).

O IGCC, é responsável pela conversão do resíduo da unidade visco-redutora em eletricidade, calor e hidrogênio, por meio da cogeração, aproveitando o gás de síntese obtido. A principal vantagem deste arranjo é a produção de hidrogênio a partir do uso de resíduos de baixo valor agregado, ao invés de hidrocarbonetos leves como a nafta e o metano. Assim, o Hidrogênio é passível de ser utilizado no HCC ou no *Hycon* da refinaria, enquanto o gás de síntese restante pode ser queimado em uma turbina a gás, combinada com uma turbina a vapor, ambas gerando energia elétrica.

não apenas em relação a suas complexidades tecnológicas, mas também em relação às matérias-primas processadas e aos mercados a serem atendidos.

A maioria das refinarias localiza-se próxima aos principais pontos produtores de petróleo, das cidades mais industrializadas e dos centros mais populosos. Essa é uma estratégia para reduzir os custos com deslocamento do produtor ao consumidor.

No Brasil, por exemplo, há uma grande concentração de refinarias na região sudeste, pois essa é a porção mais industrializada, populosa e com os estados que mais produzem petróleo (Rio de Janeiro e Espírito Santo) no país.

Nas refinarias no Brasil foi processada, no ano de 2015, cerca de 2 milhões de barris de petróleo por dia.

A Figura 4 mostra a distribuição das refinarias no país pertencentes a Petrobras e empresas privadas.

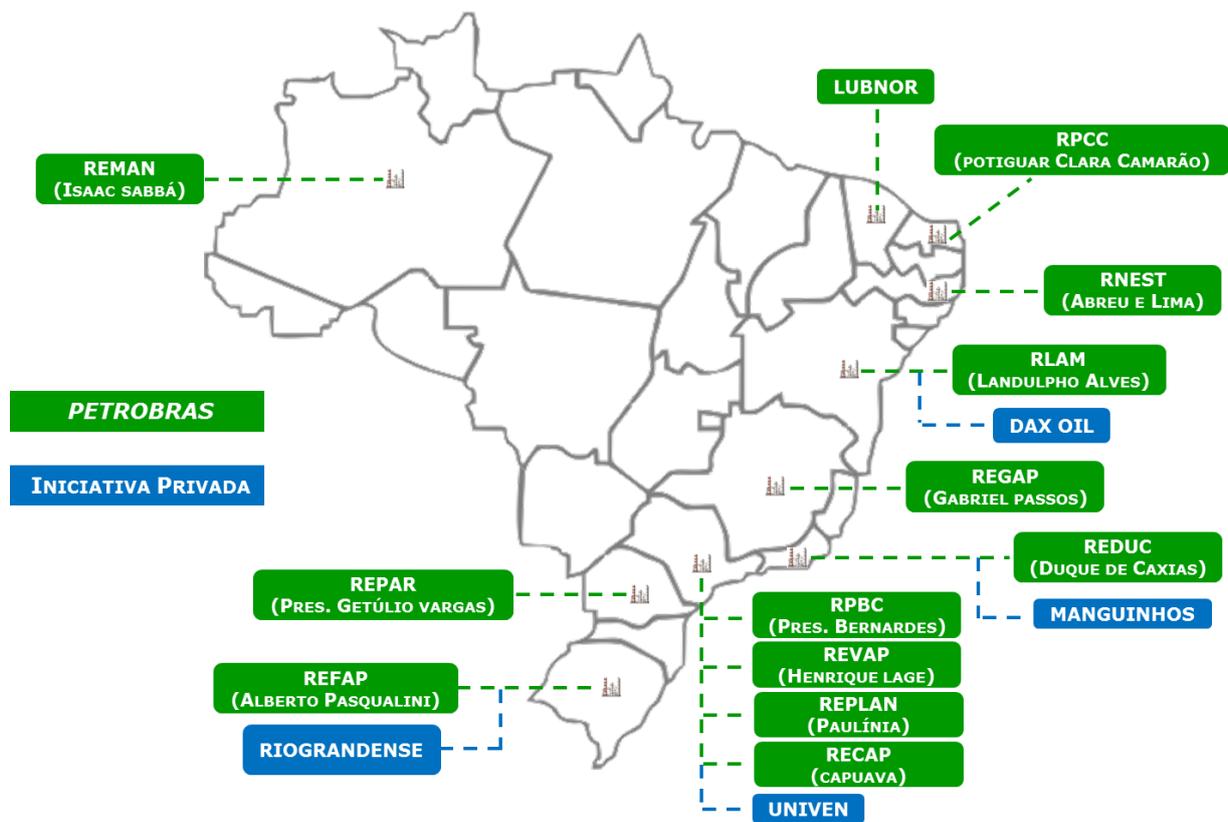


Figura 4 Localização das refinarias brasileiras.

Nas seções a seguir são descritas sucintamente as refinarias brasileiras, apresentado seu esquema de refino simplificado, principais produtos e capacidade instalada.

Refinarias da PETROBRAS:

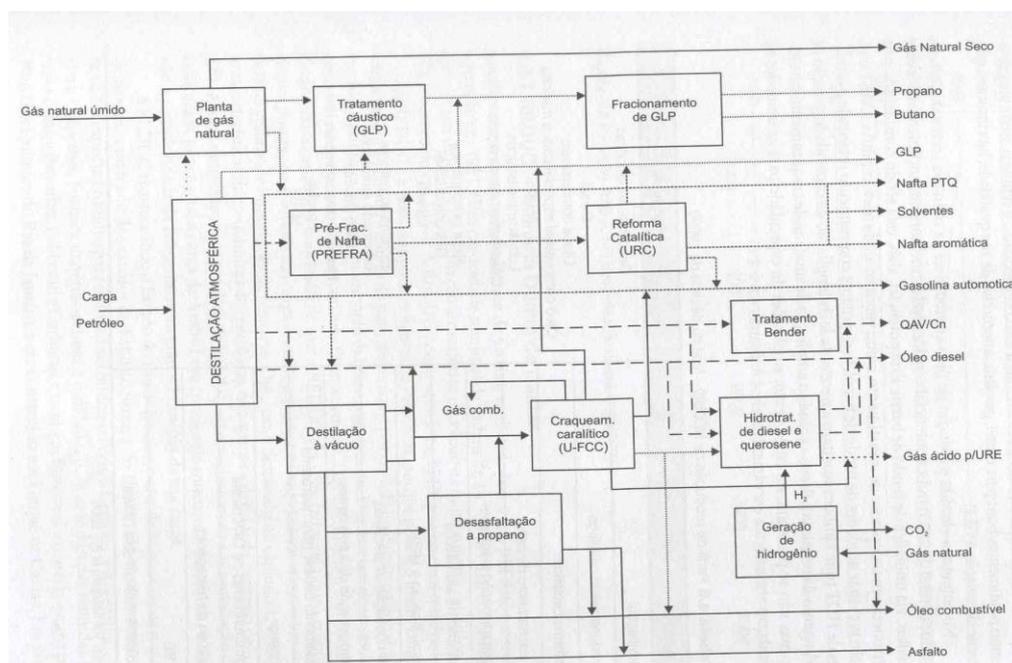
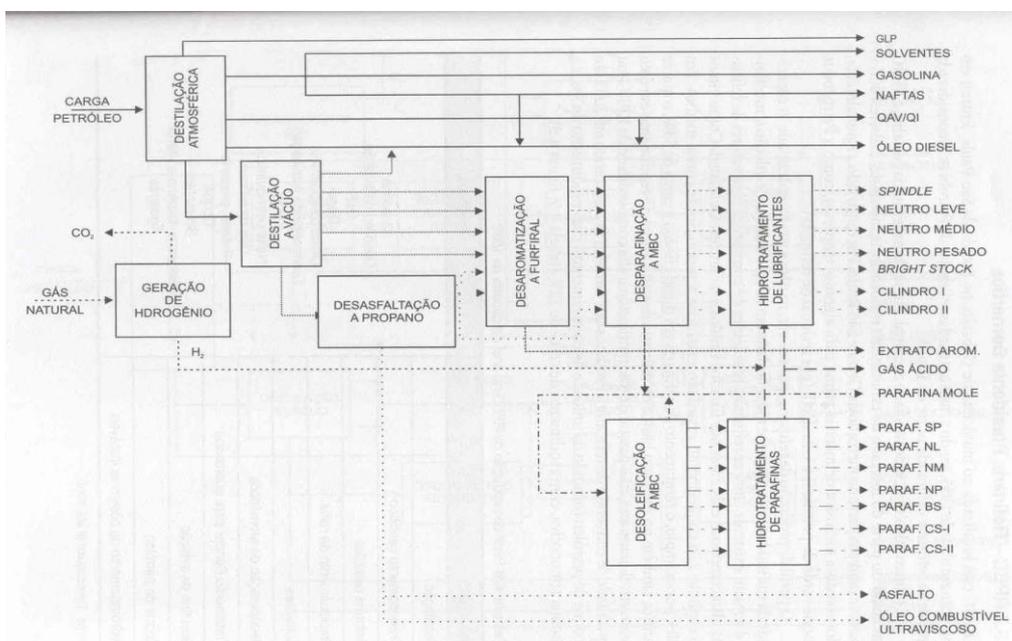
5.1- REDUC – Refinaria Duque de Caxias (Duque de Caxias/RJ)

É hoje a mais completa e complexa refinaria do sistema Petrobras, tendo sido inaugurada, em 1961. Responsável por 80% da produção de lubrificantes e pelo maior processamento de gás natural do Brasil.

Abastece os mercados dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Ceará, Paraná, Rio Grande do Sul.

- Principais produtos: óleo diesel, gasolina, querosene de aviação (QAV), asfalto, nafta petroquímica, gases petroquímicos (etano, propano e propeno), parafinas, lubrificantes, GLP, coque, enxofre;

- Capacidade instalada: 242.158 bbl/dia.

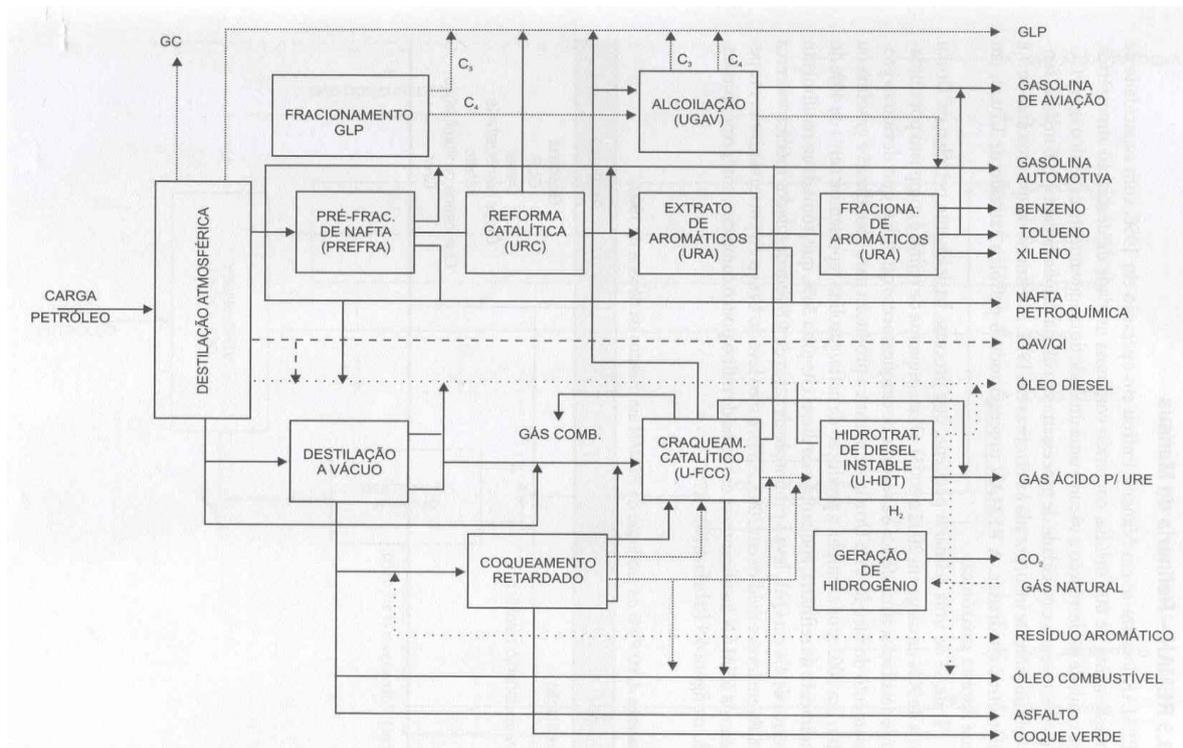


5.2- **RPBC – Refinaria Presidente Bernardes (Cubatão/SP)**

Refinaria localizada no município de Cubatão, inaugurada em Abril de 1955. É uma unidade com alta capacidade de conversão, produzindo dezenas de derivados. A maior parte dos produtos destina-se à capital paulista. Há, ainda, uma parcela para Baixada Santista e regiões Norte, Nordeste e Sul.

- Principais produtos: gasolina A, gasolina Podium, gasolinas de competição, coque de petróleo, gasolina de aviação, óleo diesel, gás de cozinha, nafta petroquímica, gás natural, combustível para navios (bunker), hidrogênio, butano desodorizado, benzeno, xilenos e tolueno, hexano, enxofre, resíduo aromático;

- Capacidade instalada: 169.825 bbl/dia.

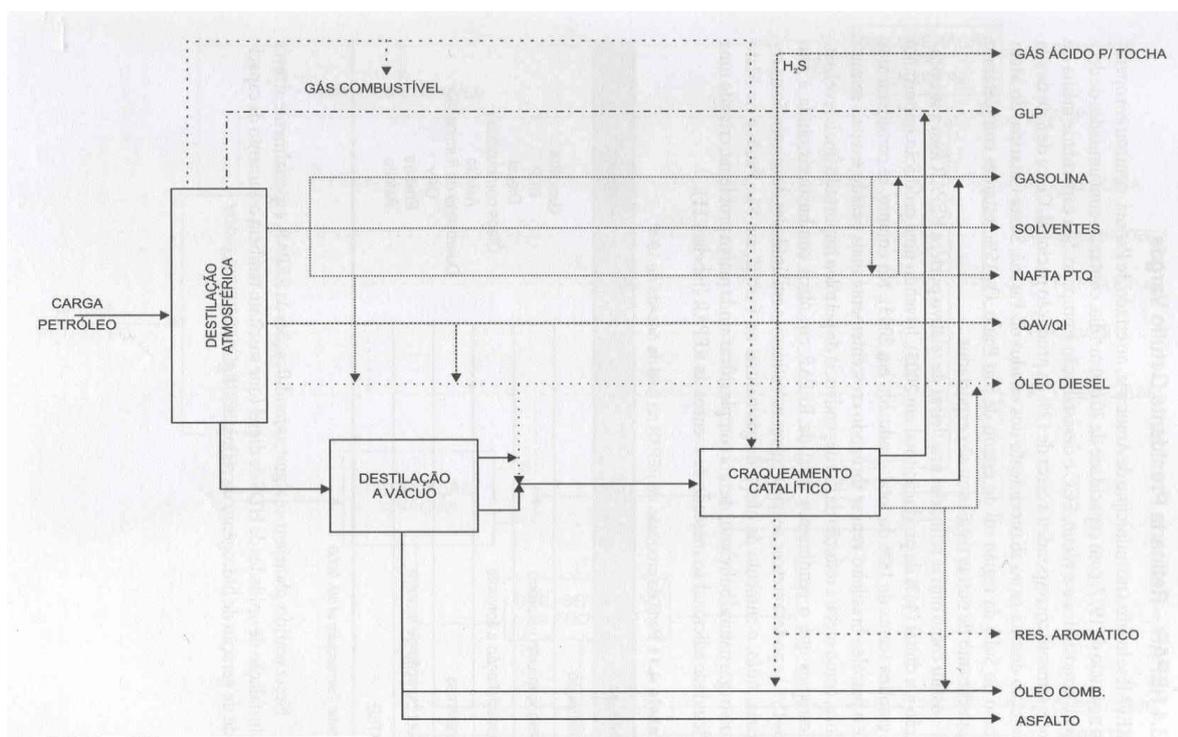


5.3- **REMAN – Refinaria de Manaus (Manaus/AM)**

Fundada por Isaac Benayon Sabbá, iniciou suas operações em 6 de Setembro de 1956, foi oficialmente inaugurada em 3 de Janeiro de 1957. A Petrobras assumiu o controle acionário da COPAM em 1971, renomeando-a como Refinaria de Manaus (Reman). Em 1997, em homenagem a seu fundador, a refinaria foi rebatizada como Refinaria Isaac Sabbá - UN-Reman. A REMAN abastece os estados do Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima e Pará.

- **Principais produtos:** GLP, nafta petroquímica, gasolina, querosene de aviação, óleo diesel, óleos combustíveis, óleo leve para turbina elétrica, óleo para geração de energia, asfalto.

- **Capacidade instalada:** 45.916 bbl/dia.

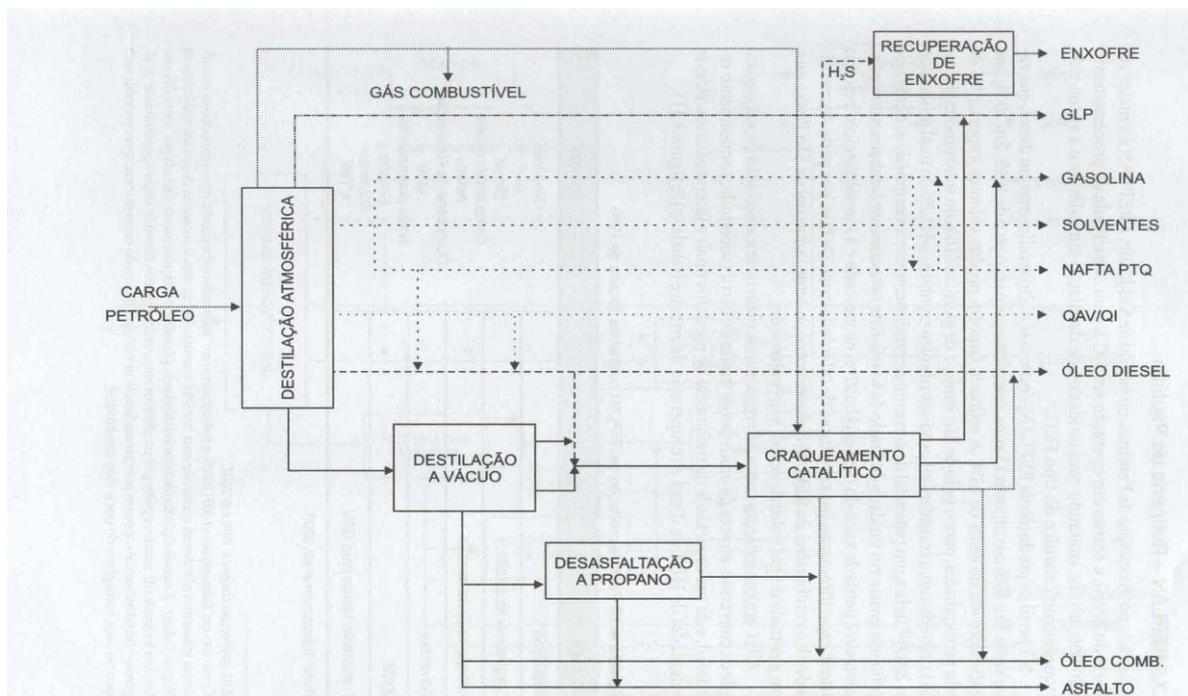


5.4- **REPAR – Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Araucária/PR)**

Constitui-se na principal empresa do setor petroquímico paranaense e na maior planta industrial da região Sul do país. É responsável por aproximadamente 12% do fornecimento de derivados de petróleo do País. Seus produtos atendem principalmente os mercados do Paraná, Santa Catarina, sul de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. O excedente da produção total é destinado para outras regiões do país ou exportado.

- **Principais produtos:** diesel, gasolina, GLP, coque, asfalto, óleos combustíveis, QAV, propano, óleos marítimos.

- **Capacidade instalada:** 207.564 bbl/dia.

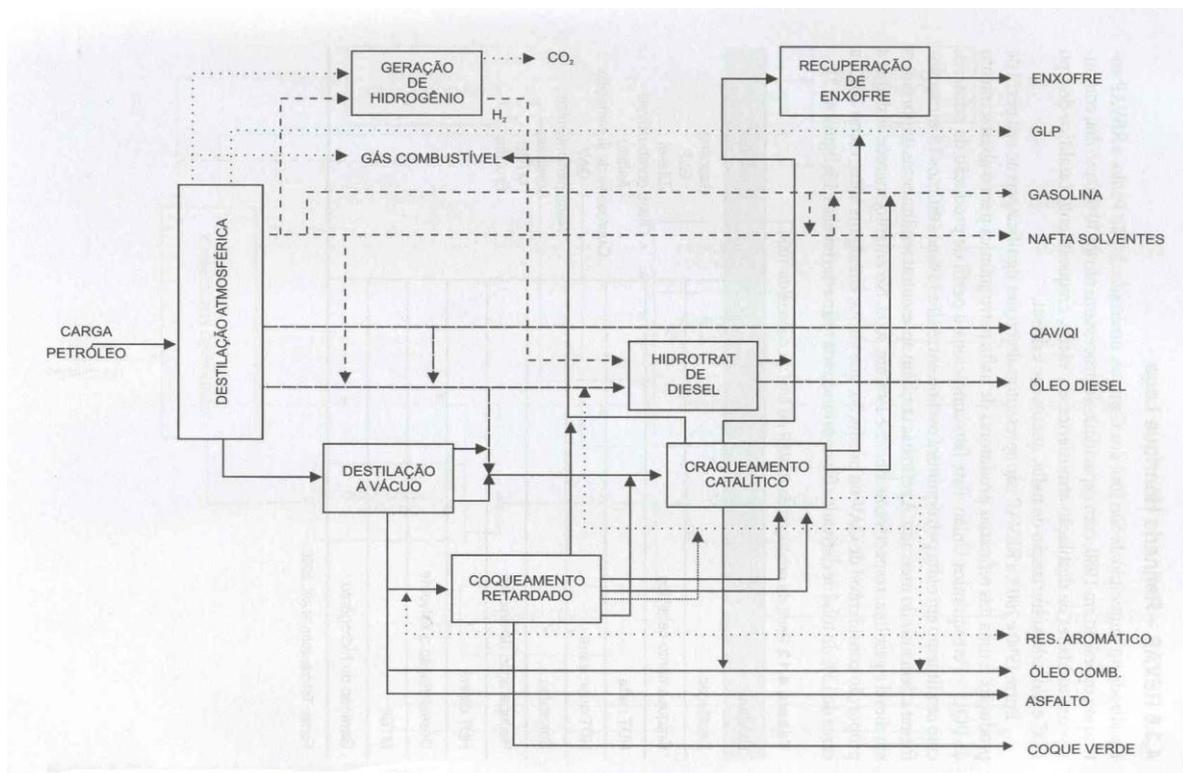


5.5- **REPLAN – Refinaria de Paulínia (Paulínia/SP)**

A Refinaria de Paulínia (REPLAN), anteriormente denominada Refinaria do Planalto, é a maior refinaria de petróleo da Petrobras, em termos de produção. Localizada em Paulínia, no estado de São Paulo, iniciou sua operação em fevereiro de 1972. Sua produção corresponde a 20% de todo o refino de petróleo no Brasil, processando 80% de petróleo nacional, grande parte da Bacia de Campos. Abastece interior de São Paulo; Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Acre, Sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro, Goiás, Brasília e Tocantins.

- **Principais produtos:** Diesel, gasolina, GLP, óleos Combustíveis, querosene de Aviação (QAV), asfaltos, nafta Petroquímica, coque, propeno, enxofre, fluidos hidrogenados.

- **Capacidade instalada:** 433.998 bbl/dia.



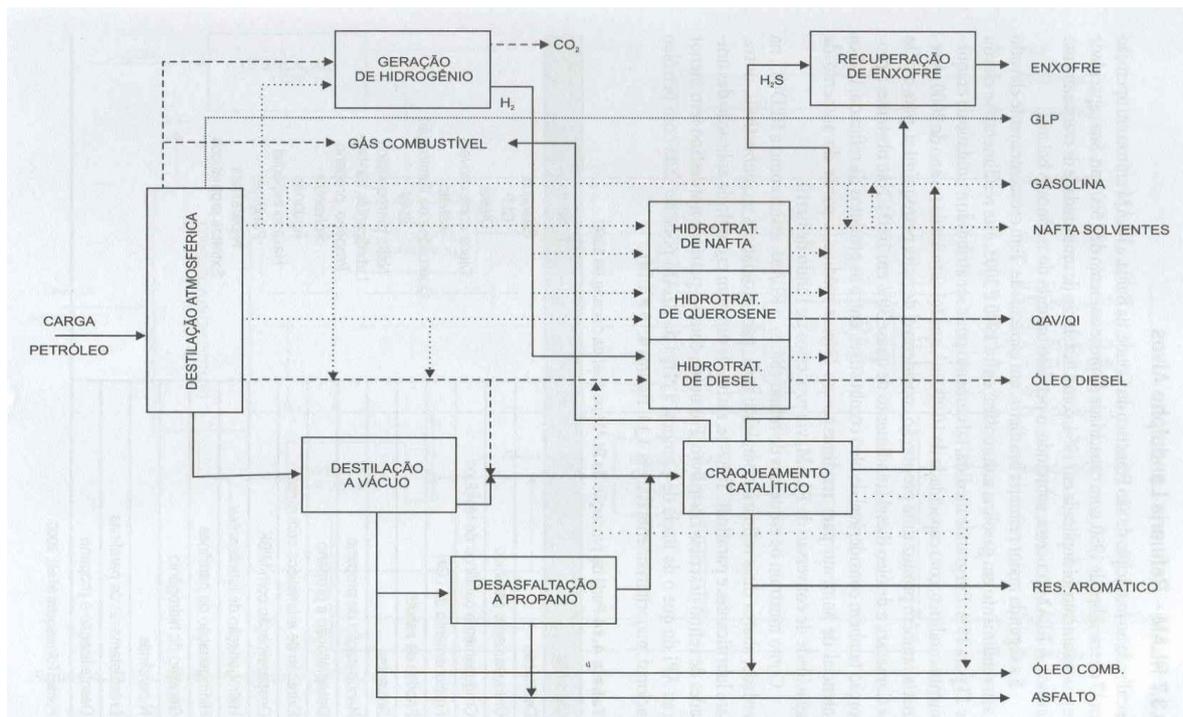
5.6- **REVAP – Refinaria Henrique Lage (São José dos Campos/SP)**

Sua construção foi iniciada em fevereiro de 1974 e foi planejada para viabilizar as metas do II Plano Nacional de Desenvolvimento. Foi a quarta e última refinaria a entrar em funcionamento no estado de São Paulo. Inaugurada em 1980, a unidade homenageia o engenheiro naval Henrique Lage. A refinaria destaca-se pela localização geográfica, às margens da Rodovia Presidente Dutra, com acesso aos principais centros consumidores: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e ao Porto de São Sebastião, no litoral norte Paulista.

O mercado sob influência da refinaria abrange todo Vale do Paraíba, Litoral Norte do Estado de São Paulo, Sul de Minas Gerais, Grande São Paulo, Centro-Oeste do Brasil e Sul do Rio de Janeiro. A Henrique Lage abastece 80% da demanda de querosene de aviação no mercado paulista e 100% do Aeroporto Internacional de Guarulhos.

- **Principais produtos:** asfalto diluído, cimento asfáltico, coque, enxofre, gás carbônico, gasolina, GLP, hidrocarboneto leve de refinaria, nafta, óleo combustível, óleo diesel, propeno, querosene de aviação (QAV) e solvente médio.

- **Capacidade instalada:** 251.593 bbl/dia.

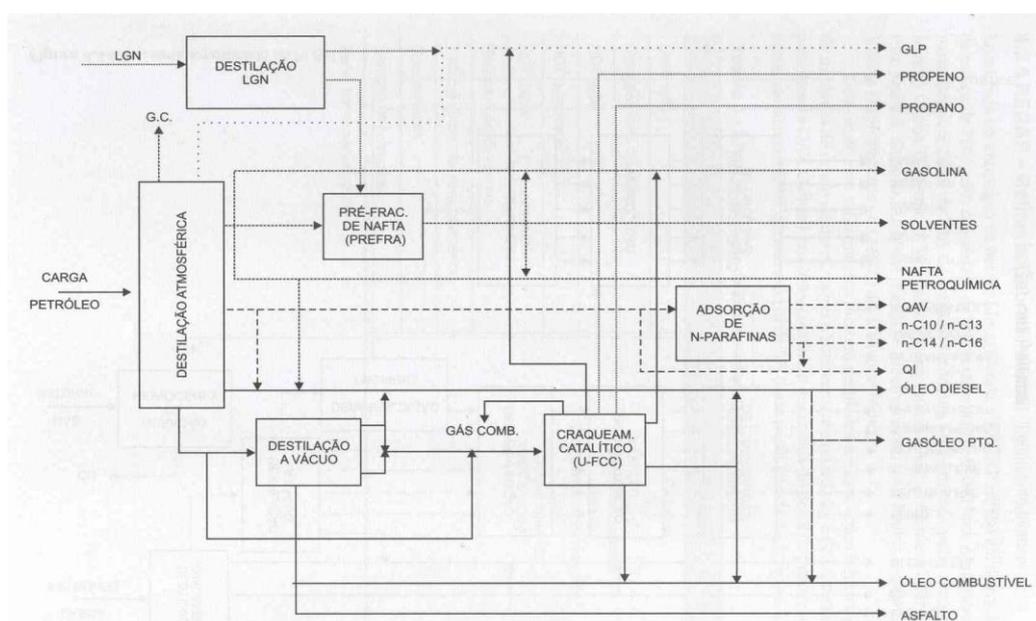
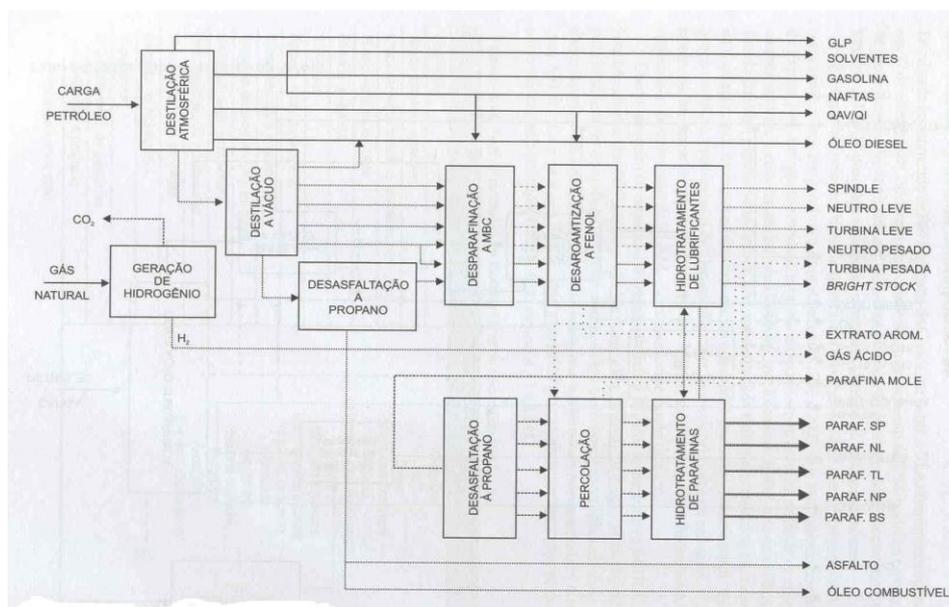


5.7- **RLAM** – **Refinaria Landulpho Alves** (São Francisco do Conde/BA)

A Refinaria de Mataripe começou a ser construída em 1949 e está diretamente ligada à descoberta dos primeiros poços de petróleo no País, precisamente no Recôncavo Baiano. Com a criação da Petrobras, em 1953, a refinaria foi incorporada ao patrimônio da companhia, passando a chamar-se Refinaria Landulpho Alves - Mataripe, em homenagem ao engenheiro e político baiano que muito lutou pela causa do petróleo no País. É a segunda maior refinaria brasileira em complexidade e capacidade instalada.

- Principais produtos: diesel, gasolina, querosene de Aviação (QAV), asfalto, nafta petroquímica, propano, propeno, butano, parafinas, lubrificantes, GLP, óleos combustíveis (industriais, térmicas e bunker).

- Capacidade instalada: 377.389 bbl/dia.

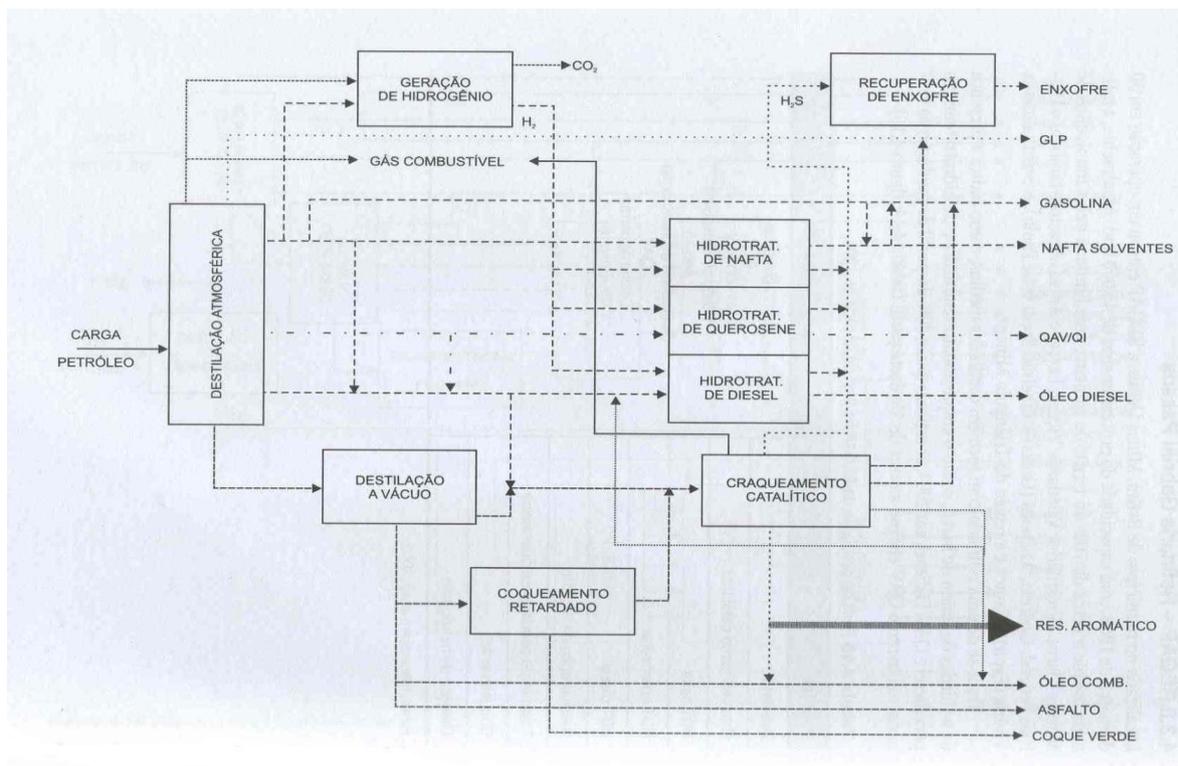


5.8- **RGAP – Refinaria Gabriel Passos (Betim/MG)**

Refinaria inaugurada em março de 1968. Abastece grande parte do mercado mineiro e, eventualmente, o mercado do Espírito Santo.

- **Principais produtos:** gasolina, diesel, combustível marítimo (bunker), querosene de aviação (QAV), GLP, asfalto, coque verde de petróleo, óleo combustível, enxofre e aguarrás.

- **Capacidade instalada:** 166.051 bbl/dia.

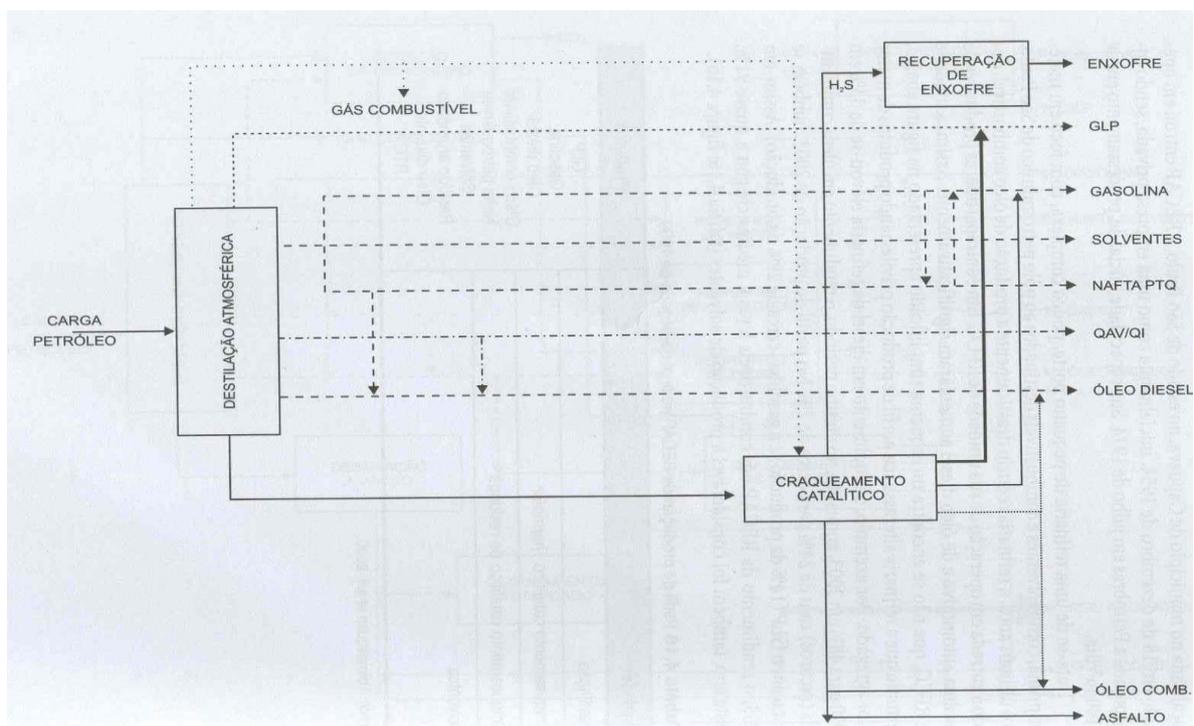


5.9- **RECAP – Refinaria de Capuava (Capuava/SP)**

Atualmente a menor refinaria de São Paulo, a Recap já teve o maior volume de produção do País. Quando foi inaugurada, em dezembro de 1954, com o nome de Refinaria e Exploração de Petróleo União S/A (PQU). Foi incorporada à Petrobras em 3 de junho de 1974. Abastece o Pólo Petroquímico do Grande ABC e parte da região metropolitana de São Paulo.

- **Principais produtos:** gasolina, diesel, aguarrás, propeno, GLP, solventes especiais.

- **Capacidade instalada:** 53.463 bbl/dia.

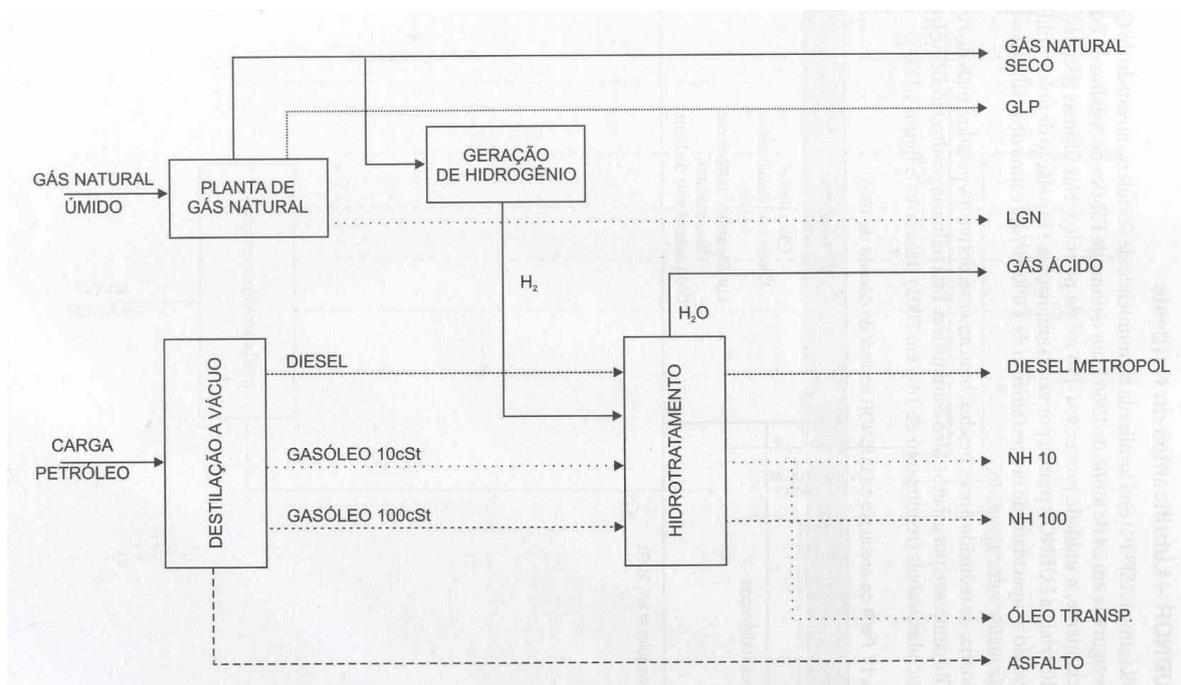


5.10- **LUBNOR – Lubrificantes do Nordeste (Fortaleza/CE)**

Na década de 60, diante do contexto favorável de expansão socioeconômica, a Petrobras investiu na implantação de uma fábrica de asfalto no Ceará. A Fábrica de Asfalto de Fortaleza foi inaugurada em 24 de junho de 1966. É uma das líderes nacionais em produção de asfalto e a única no país a produzir lubrificantes naftênicos, um produto próprio para usos nobres, tais como, isolante térmico para transformadores de alta voltagem, amortecedores para veículos e equipamentos pneumáticos. Óleo Lubrificante é vendido às distribuidoras e comercializado em todo o país. Asfaltos abastece Ceará, parte de Pernambuco e parte do Pará.

- **Principais produtos:** asfaltos e óleos lubrificantes.

- **Capacidade instalada:** 8.177 bbl/dia.

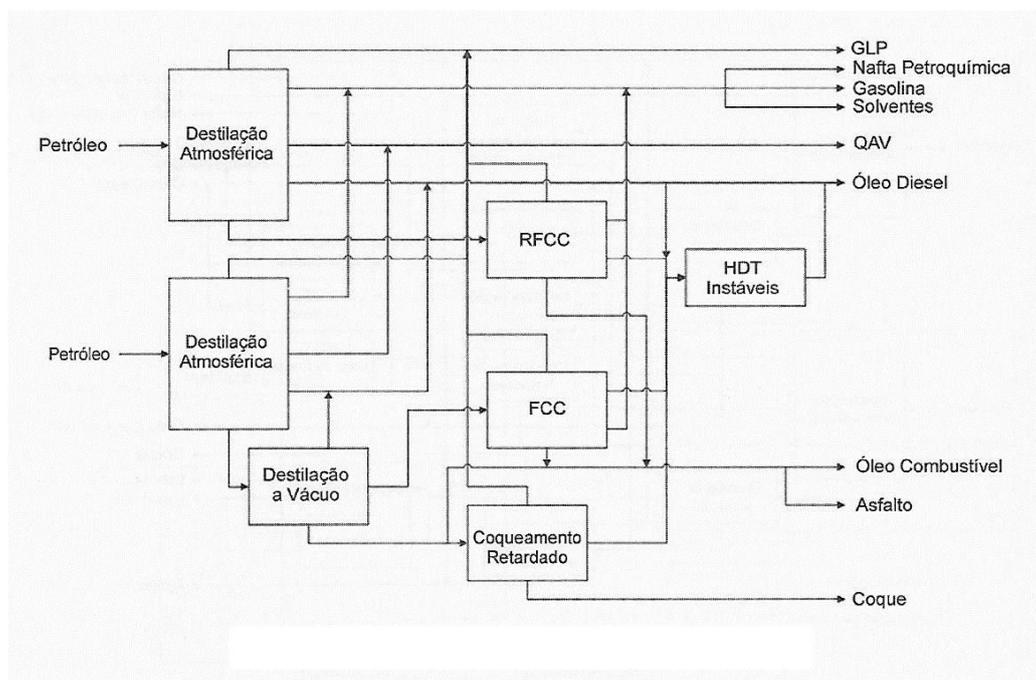


5.11- **REFAP – Refinaria Alberto Pasqualini (Canoas/RS)**

Fundada em 1968, considerada a quinta maior refinaria do sistema Petrobras no país. Essa refinaria liga-se, por meio de oleodutos ao TEDUT (Terminal Marítimo Almirante Soares Dutra), em Osório, de onde recebe petróleo e ao TENIT (Terminal de Niterói), em Canoas, às margens do Rio Gravataí, para onde transporta derivados às indústrias que compõem o Polo Petroquímico do Sul, em Triunfo. Uma característica importante da REFAP é sua enorme área de estocagem de matéria-prima e produtos acabados, o que a leva a ser a maior refinaria em área ocupada da Petrobras. Esse dimensionamento de sua área de estocagem deve-se à sua posição estratégica, próxima a fronteiras importantes, no caso, Uruguai e Argentina. Abastece os mercados do Rio Grande do Sul, parte de Santa Catarina e Paraná, além de atender a outros estados por cabotagem e destinar o excedente para exportação

- **Principais produtos:** diesel, gasolina, GLP, óleo combustível, querosene de aviação, solventes, asfalto, coque, enxofre, propeno.

- **Capacidade instalada:** 201.274 bbl/dia.

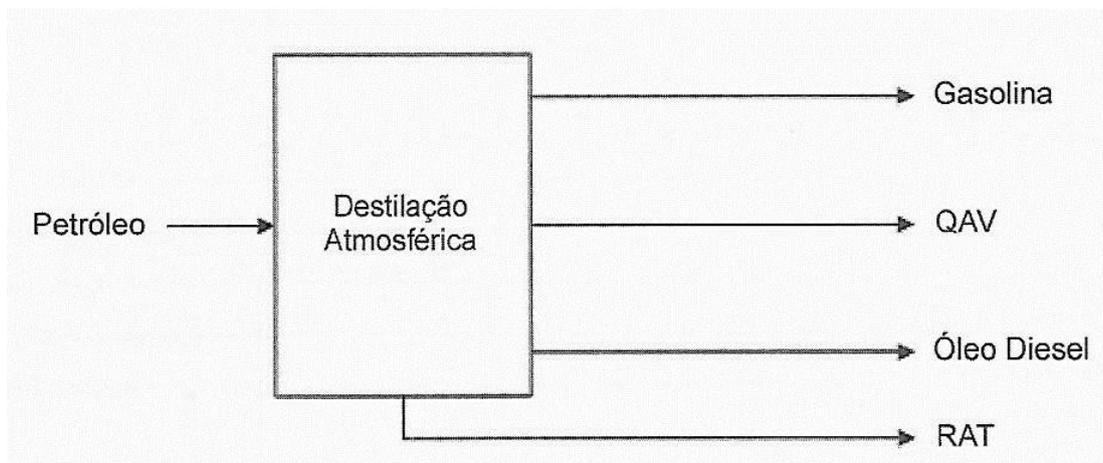


5.12- **RPCC - Refinaria Potiguar Clara Camarão (Guamaré/RN)**

No dia 1º de outubro de 2009, o Rio Grande do Norte passou a abrigar oficialmente mais uma unidade de operações da Petrobras: a Refinaria Potiguar Clara Camarão. O nome é uma homenagem a Clara Camarão, índia brasileira que se tornou heroína ao liderar um grupo de nativas contra a colonização holandesa numa batalha na cidade de Porto Calvo, em Alagoas, no ano de 1637. A refinaria atende os mercados do Rio Grande do Norte e do sul do Ceará.

- **Principais produtos:** diesel, querosene de aviação (QAV), gasolina.

- **Capacidade instalada:** 37.739 bbl/dia.



6.1- **RNEST - Refinaria Abreu e Lima (Ipojuca/PE)**

A previsão era de que até 2011 estivessem concluídas as obras e tivesse início seu funcionamento, contudo isso não aconteceu e no final de 2011 a refinaria ainda não tinha entrado em operação. Sua partida agora está prevista para 2014.

Sua localização é estratégica. Situada na região metropolitana de Recife, a refinaria suprirá a região Nordeste - um dos mercados mais carentes de diesel no Brasil.

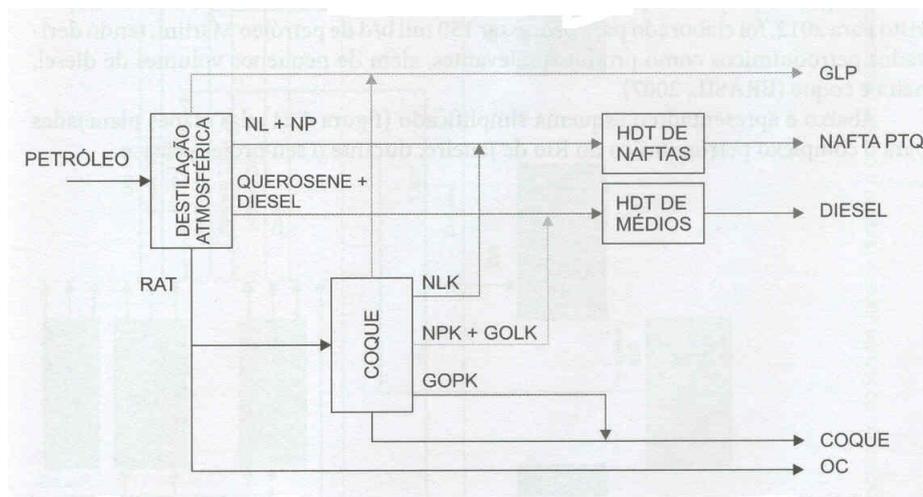
A proximidade da refinaria com relação ao porto de Suape possibilitará o transporte da produção para o abastecimento dos mercados interno e internacional.

Por ser uma refinaria pensada para o século XXI o empreendimento prevê a otimização dos processos, baixo consumo energético, modernos equipamentos e tecnologias avançadas em sinergia com o meio ambiente.

Com o esquema único de refino, a Abreu e Lima processará exclusivamente petróleo pesado, com alto rendimento em diesel, o equivalente a 70% da produção da refinaria.

- **Principais produtos:** óleo diesel, nafta petroquímica; coque, GLP; óleo combustível, óleo marítimo (bunker).

- **Capacidade instalada:** 230.000 bbl/dia.



5.13- **REFINARIA SIX - Superintendência de Industrialização do Xisto** **(São Mateus do Sul/PR)**

A Unidade de Operações de Industrialização do Xisto (SIX) está localizada em São Mateus do Sul (PR). A exploração do xisto foi iniciada em 1954, no município de Tremembé, Vale do Paraíba (SP). Em 1959, decidiu-se pela construção de uma usina em São Mateus do Sul. O início da operação de sua primeira unidade de produção se deu em 1972. Com a entrada em operação do Módulo Industrial, em dezembro de 1991, concluiu-se uma etapa importante de consolidação da tecnologia Petrobras de extração e processamento do xisto, denominada Petrosix.

- **Principais produtos:** gás combustível, GLX, nfta petroquímica e enxofre;

- **Capacidade instalada:** 6.000 ton/dia.

Refinarias da iniciativa privada:

5.14- Refinaria de Petróleo Riograndense S.A. (Rio Grande/RS)

A Refinaria de Petróleo Ipiranga foi inaugurada no dia 07 de setembro de 1937, na cidade do Rio Grande (RS), dando início ao processo de refino de petróleo no país e originando assim as Empresas de Petróleo Ipiranga. Uma característica forte da empresa é a flexibilidade de produção de seus derivados, uma peculiaridade de refinarias de pequeno porte, que visa desenvolver produtos de acordo com as necessidades de cada cliente, como por exemplo, solventes especiais para indústrias químicas, e gasolinas de alto padrão, produzidas com formulações especiais para atendimento das diversas exigências e necessidades das montadoras de veículos. Todos os produtos são comercializados através de modais rodoviário, ferroviário e marítimo

- **Principais produtos:** gasolina, óleo diesel, asfalto, GLP e solventes;

- **Capacidade instalada:** 17.014 bbl/dia.

5.15- Refinaria de Petróleo de Manginhos S.A. (Rio de Janeiro/RJ)

A refinaria iniciou suas operações em 14 de Dezembro de 1954 durante a campanha "O petróleo é nosso". Em 1998 a companhia argentina Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) passou a dividir o controle com o Grupo Peixoto de Castro. Com a fusão da YPF com a Repsol, em 1999, a refinaria passou a ter parte do seu controle como sendo da nova companhia Repsol YPF. Em 2008 foi adquirida pelo Grupo Andrade Magro, através da empresa Grandiflorum Participações. Atualmente opera com 10% da sua capacidade total (13.800 bbl/dia) produzindo gasolina, óleo diesel e óleos lubrificantes.

5.16- UNIVEN Refinaria de Petróleo LTDA (Itupeva/SP)

A Univen Petróleo está habilitada a receber matérias-primas de diversas fontes e atualmente processa preferencialmente condensado de petróleo com baixíssimo teor de enxofre, o que garante a seus produtos qualidade superior, que se enquadram nas exigentes especificações internacionais.

PRODUTOS:

Solventes Especiais: Hexano Grau Químico, Hexano Grau Alimentício, Hexano Grau Alimentício Especial, Heptano, Aguarrás e Pentano.

Combustíveis: Gasolina A, Óleo Diesel e Óleo Combustível.

- **Principais produtos:** hexano grau químico, hexano grau alimentício, aguarrás, pentano, gasolina, óleo diesel e óleo combustível.

- **Capacidade instalada:** 9.160 bbl/dia.

6- Refinarias em construção e/ou ampliação:

6.1- RNEST - Refinaria Abreu e Lima (Ipojuca/PE)

A previsão era de que até 2011 estivessem concluídas as obras e tivesse início seu funcionamento, contudo isso não aconteceu e no final de 2011 a refinaria

ainda não tinha entrado em operação. Sua partida agora está prevista para 2014.

Sua localização é estratégica. Situada na região metropolitana de Recife, a refinaria suprirá a região Nordeste - um dos mercados mais carentes de diesel no Brasil.

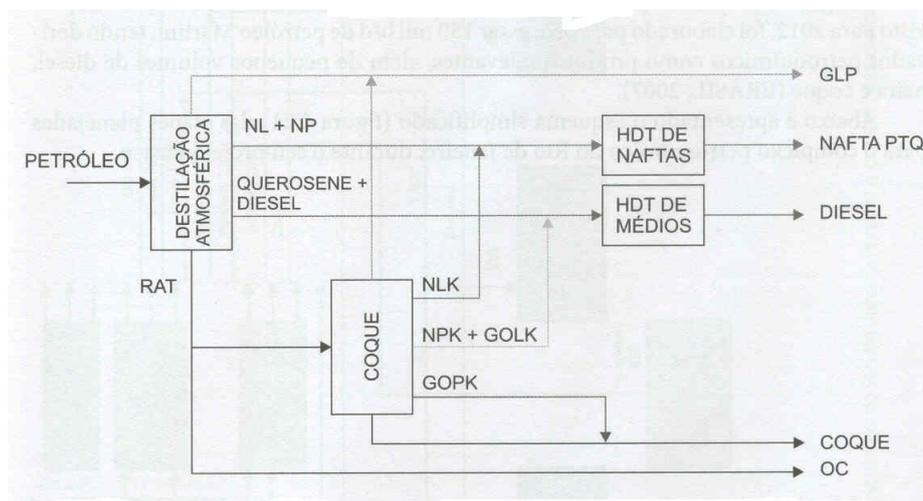
A proximidade da refinaria com relação ao porto de Suape possibilitará o transporte da produção para o abastecimento dos mercados interno e internacional.

Por ser uma refinaria pensada para o século XXI o empreendimento prevê a otimização dos processos, baixo consumo energético, modernos equipamentos e tecnologias avançadas em sinergia com o meio ambiente.

Com o esquema único de refino, a Abreu e Lima processará exclusivamente petróleo pesado, com alto rendimento em diesel, o equivalente a 70% da produção da refinaria.

- **Principais produtos:** óleo diesel, nafta petroquímica; coque, GLP; óleo combustível, óleo marítimo (bunker).

- **Capacidade instalada:** 230.000 bbl/dia.



6.2- COMPERJ - Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Itaboraí/RJ)

Unidade de refino com capacidade de processamento de 165 mil barris/dia. Inicialmente, está prevista a utilização do petróleo pesado do Campo de Marlim, localizado na Bacia de Campos, no norte do Estado do Rio de Janeiro. Além da unidade de refino, serão construídas uma unidade de petroquímicos básicos de primeira geração (eteno, benzeno, p-xileno e propeno) e seis unidades de petroquímicos de segunda geração. As principais resinas termoplásticas a serem produzidas pelas unidades de petroquímicos de segunda geração serão polipropileno (850 mil toneladas/ano), polietileno (800 mil toneladas/ano) e politereftalato de etileno (600 mil toneladas/ano), estas unidades são conhecidas como RioPol - Rio Polímeros. Além das unidades de produção há uma grande central de utilidades, responsável pelo fornecimento de água, vapor e energia elétrica necessários para a operação do complexo.

O início da fase de operação do COMPERJ está previsto para 2018 e estima-se o faturamento anual de US\$ 5,8 bilhões com participação de 62% de Petroquímicos Básicos e 38% de Petroquímicos Associados.

