

## UFCCs

### Unidades de Craqueamento Catalítico Fluidizado

#### 1. Introdução

O Refino de Petróleo é composto de vários processos físicos e químicos, nos quais a matéria-prima (petróleo bruto) é convertida em derivados e produtos comerciais acabados, combustíveis e matéria prima para petroquímica, que são armazenados em tanques e esferas..

Uma refinaria de petróleo, normalmente, comporta várias unidades de processo dentre outras:

- Destilações atmosférica e a vácuo,
- Craqueamento catalítico fluido-FCC,
- Isomerização e alquilação,
- Geração de Hidrogênio,
- Hidrotratamentos,
- Hidrocraqueamento,
- Coqueamento retardado,
- Várias unidades de tratamento e acabamento de produtos destilados,
- Unidades ditas ambientais, de redução da poluição atmosférica,
- Estações de tratamento d'água e de despejos industriais,
- Caldeiras para produção de vapor e geração de energia elétrica.

Dentre os principais processos de conversão química, um dos mais empregados é o craqueamento, que pode ser térmico ou catalítico.

O craqueamento térmico é o processo empregado em Unidades de Coqueamento Retardado, para produção de coque sintético.

A unidade de craqueamento catalítico fluido-UFCC é um ativo fundamental nas refinarias, pois, após a destilação do petróleo em seus derivados, nas Torres de Destilação Atmosférica e a Destilação a Vácuo, produz uma quantidade adicional de até 40% de combustíveis, com a conversão dos resíduos pesados de fundo das Torres de Destilação em produtos mais leves.

#### 2. Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido-UFCC

O craqueamento catalítico fluido é um processo de conversão química e catalítica, usado em refinarias de petróleo, para converter frações de hidrocarbonetos de alto peso molecular e alto ponto de ebulição, quebrando as moléculas de hidrocarbonetos de cadeia longa em hidrocarbonetos de cadeia menor, por ação de um catalisador, à base de pó de sílica-alumina, em altas temperaturas.

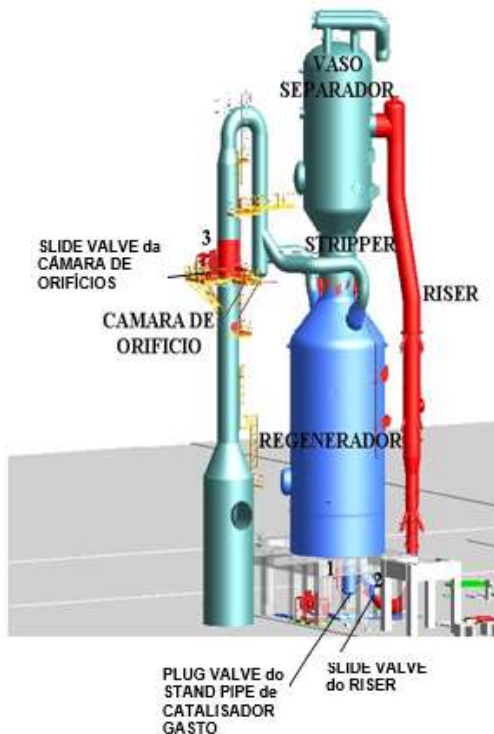
O craqueamento catalítico fluido visa, principalmente, aumentar a produção de gasolina, óleo diesel e gás GLP, butano e propano, convertendo uma carga de gasóleos e resíduos em frações mais leves de alto valor comercial.

No mundo, os principais Licenciadores de tecnologia **Fluid Catalyst Cracking** são:

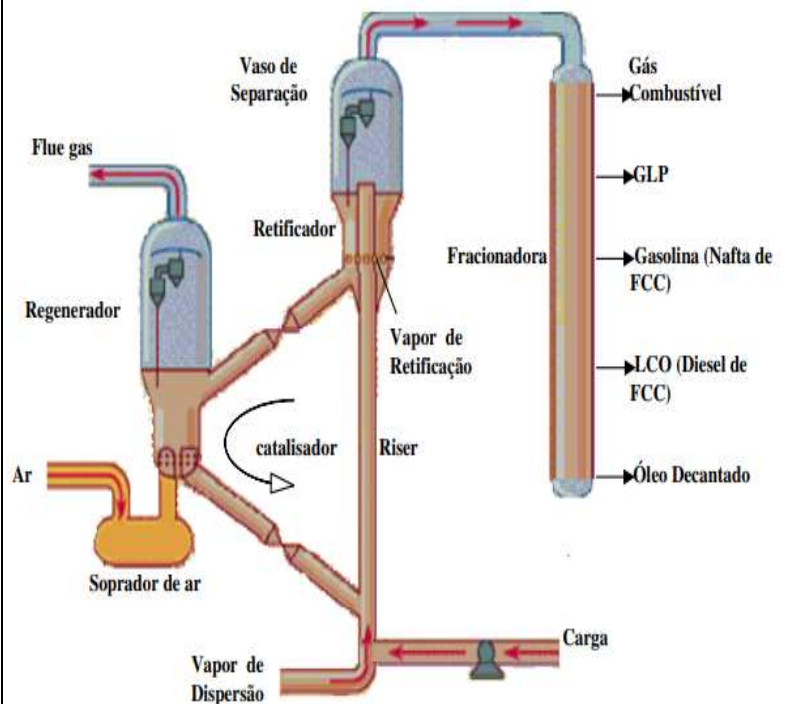
- ABB Lummus
- ExxonMobil
- IFP
- Kellogg Brown & Root (antiga M.W. Kellogg)
- Stone and Webster (Shaw Groups)
- Honeywell UOP
- Petrobras

No Brasil, a empresa brasileira Petrobras possui 13 Unidades de FCC em operação e basicamente, com dois modelos fundamentais de Conversores:

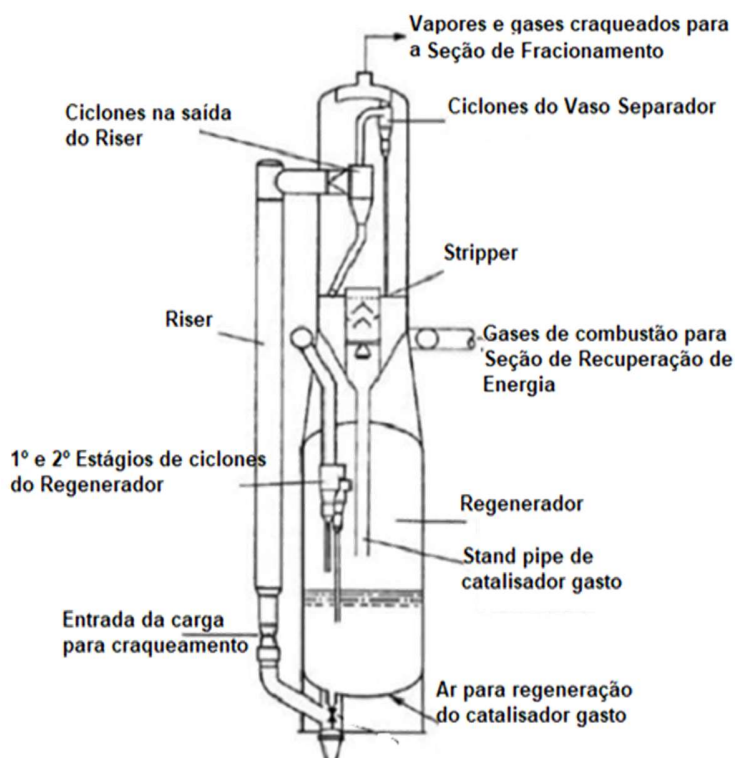
- Os Conversores denominados “*Stacked Converter*” característicos dos projetos Kellogg Brown & Root, em que o Vaso Separador e o Regenerador ficam empilhados.
- E os Conversores tipo “*Side-by-side Converter*” característicos dos projetos da Honeywell UOP e da própria Petrobras.



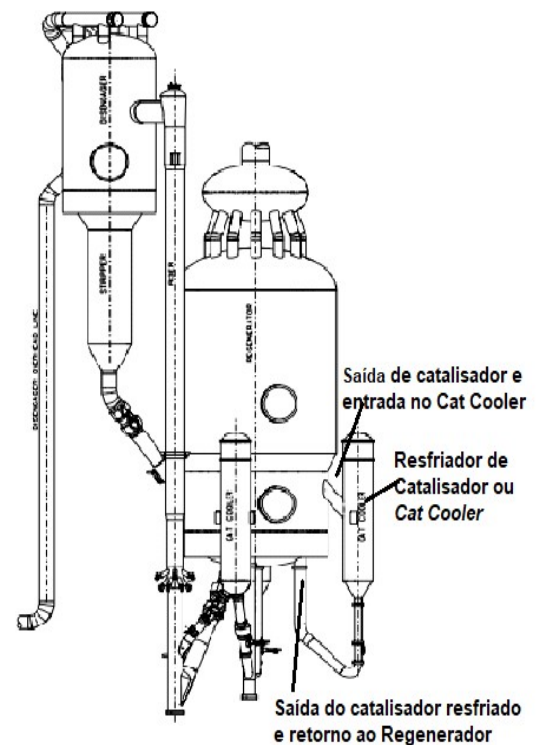
Projeto de Conversor de FCC modelo *Stacked* da projetista americana Kellogg Brown Root



Unidade típica de UFCC Projeto modelo *side-by-side* da projetista americana UOP



Projeto de Conversor de FCC modelo *Orthoflow* da projetista americana Kellogg Brown Root



Projeto de Conversor de FCC modelo *side-by-side* da projetista Petrobras

A UFCC é dividida em três seções distintas, mas interligadas em um só processamento:

- Seção de conversão do gasóleo e dos resíduo da destilação em gases craqueados; petroblog-Santini

- Seção de fracionamento dos gases craqueados em derivados combustíveis;
- Seção de recuperação da energia dos gases de combustão.

### 3. Seção de Conversão da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

Os principais equipamentos que constam da Seção de Conversão da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido *Fluid Catalyst Cracking Unit* são:

- Pré-aquecedor da carga *feed pre-heater*;
- Riser *riser*;
- Vaso Separador *disengager*;
- Retificador *stripper*;
- Regenerador *regenerator*;
- Ciclones do Regenerador e do Vaso Separador *cyclones*;
- Resfriador de catalisador *catalyst cooler*;
- Soprador de ar *air blower*;
- Torre Fracionadora *Fractionater Tower*
- Câmara de Orifícios *orifice chamber*;
- Caldeira de CO *boiler* ou caldeira de calor residual *waste heat boiler*;
- Dutos e stand pipes;
- Válvulas de controle especiais *single disc and double disc slide valves e plug valves*;
- Válvula à entrada da Torre Fracionadora *wedge valve*;
- Válvula de retenção e controle de ar do Soprador de ar *Isocheck air blower valve*.

Na UFCC a carga é pré-aquecida em um forno e segue para o Riser, onde acontece o craqueamento, isto è, a conversão dos hidrocarbonetos de frações pesadas em frações leves, em presença de catalisador.

Após as reações químicas do craqueamento, o catalisador fica impregnado com coque.

Primeiramente, o catalisador com coque é separado dos gases craqueados, no sistema de ciclones do Vaso Separador.

Os gases craqueados vão para o processamento na Torre Fracionadora, enquanto o catalisador recuperado segue para o Regenerador, onde o coque é queimado com ar aquecido, para a purificação do catalisador.

O catalisador isento do coque é recuperado em outro sistema de ciclones, agora no Regenerador, que promovem a separação entre os gases, resultantes da combustão do coque e o catalisador limpo, que retorna ao Riser, para novo ciclo de conversão.

**Riser:** onde são injetados a carga pré-aquecida de gasóleo ou resíduo de vácuo e o catalisador fluidizado, e acontecem as reações de craqueamento da carga, gerando o gás craqueado, que ao ser fracionado na Torre Fracionadora produz gasolina, GLP, óleo diesel e etc.

**Vaso Separador:** os gases craqueados e o catalisador arrastado são separados nos ciclones do Vaso Separador, passando os gases craqueados para a Torre Fracionadora, enquanto o catalisador impregnado com coque vai para ser regenerado no Regenerador.

**Ciclones do Vaso Separador:** promovem a separação entre o gás de processo craqueado e o pó de catalisador.

**Torre Fracionadora,** onde são produzidos combustíveis, gasolina, óleo diesel e GLP-Gás Liquefeito de Petróleo; e ainda propenos e butenos que são usados para a produção de produtos petroquímicos.

**Regenerador:** o coque que se agrega à superfície do catalisador, durante o processo de craqueamento da carga, desativando-o, é queimado com ar no Regenerador, restabelecendo a atividade do catalisador.

**Soprador de ar:** é o equipamento que injeta o ar no Regenerador, que promove a queima dos resíduos de hidrocarbonetos e coque presentes dos gases craqueados, promovendo a regeneração do catalisador..

**Ciclones do Regenerador:** promovem a separação entre os pós de catalisador regenerado e os gases residuais provenientes da combustão do coque. O catalisador regenerado volta para o Riser e os gases da combustão efluentes (ricos em CO) vão para uma Caldeira de CO, para serem reaproveitados, gerando energia.

**Retificador Stripper:** é a seção inferior do Vaso Separador, com uma série de chicanas internas, para auxiliar no desprendimento dos gases residuais, arrastados no catalisador coqueado, que saem dos ciclones do Vaso Separador e vão para o Regenerador.

**Resfriadores de Catalisador Cat Coolers** - nos Regeneradores de queima total (combustão completa do CO), a temperatura normal de operação é de 730°C a 760°C, assim há o risco de superaquecimento e desativação do catalisador regenerado. Nesta situação, são instalados os Resfriadores de Catalisador *Cat*

**Coolers**, que são permutadores de calor verticais, de tubos tipo baioneta, em que a água pressurizada entra pelos tubos baioneta, resfriando o catalisador fluidizado oriundo do fundo do Regenerador, que circula pelo casco e volta ao Regenerador após resfriado, mantendo uma temperatura segura ao processo.

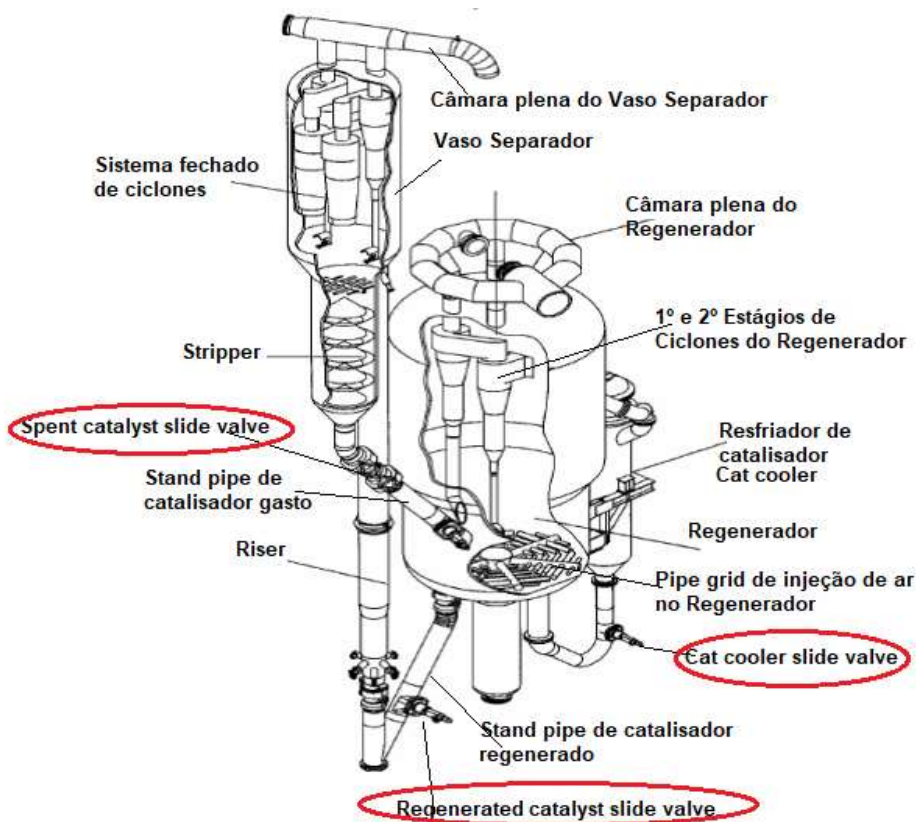
No **Cat Cooler**, a água vaporiza, produzindo vapor de alta pressão, que é consumido na própria UFCC.

**Câmara de orifícios**: é um torre ou coluna, com vários pratos perfurados, de orifícios calibrados, que promove a despressurização dos gases de combustão, antes de serem admitidos na Caldeira de CO e, finalmente, descartados pela Chaminé para a atmosfera.

Nos FCCs que contemplam a recuperação de energia, a Câmara de Orifícios também pode ser utilizada e serve como alternativa à passagem dos gases, para a Caldeira ou Chaminé, criando um *bypass* do Turboexpansor, quando este entra em parada de manutenção ou em emergência.

**Dutos e stand pipes**: permitem a circulação dos gases e do pó de catalisador fluidizado, entre os equipamentos, com características semelhantes às de um líquido, devido à sua elevada fluidez, conseguida com a injeção de ar de fluidização em pontos específicos.

**Válvulas especiais**: são válvulas de controle dos fluxos de gases e catalisador, de projeto especial para altas temperaturas (até 760°C) e resistentes às características abrasivas das correntes contendo pó de catalisador.



**Equipamentos principais da Seção de Conversão de UFCC**

#### 4. Seção de Recuperação de Energia da UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido

A UFCC-Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido ou Fluidizado *Fluid Catalyst Cracking Unit* comporta a Seção de Conversão e em algumas é acrescentada a Seção de Recuperação de Energia.

Tradicionalmente, a energia térmica, contida nos Gases de Combustão, oriundos do Regenerador da UFCCs, é recuperada em forma de geração de vapor d'água, nas Caldeiras de CO *CO boiler* ou em Caldeiras Recuperadoras de Calor *Waste Heat Boiler*.

Porém, esses gases também contêm um potencial de energia, associada à pressão e à vazão mássica do grande volume desses gases, que pode ser aproveitada em Turboexpansores, para geração de energia elétrica.

Para a recuperação da energia contida nos gases efluentes do Regenerador, são acrescentados à Seção de Conversão os seguintes equipamentos:

- Turboexpansor;
- Vaso 3º Estágio de Separação de Catalisador;
- Gerador elétrico;
- Dutos;

e. Válvulas de controle e de bloqueio especiais

**Turboexpansor:** é uma turbina a gás de fluxo axial ou centrífugo, através da qual um gás pressurizado é expandido para produzir potência, ou seja, converter a energia de pressão da corrente de gás em energia mecânica, frequentemente, usada para acionar um gerador de eletricidade.

**Vaso de 3º Estágio de Separação de catalisador:** para reduzir as perdas de finos de catalisador, que saem do Regenerador, arrastados com os gases de combustão, é inserido no circuito de gases de combustão, após o Regenerador, um equipamento denominado Vaso de 3º Estágio de Ciclonos de Separação de catalisador. Este vaso contém um conjunto de ciclones internos que recolhem esses finos de catalisador, que poderiam provocar a erosão das palhetas do Turboexpansor, além de minimizar a emissão de particulados à atmosfera. Os gases de combustão após passarem por estes ciclones fluem, pelo topo do Vaso, para o sistema do Turboexpansor. Os finos de catalisador recuperados e retidos se acumulam no fundo do Vaso, em um *container*, e são removidos e transportados por caminhões, para destinação, normalmente, em fábricas de cimento.

**Ciclones do Vaso de Terceiro Estágio de Ciclonos:** o Vaso de 3º Estágio de Separação contém, em seu interior um sistema de ciclones de 1º e 2º estágios, com a finalidade de coletar os resíduos de pó de catalisador dos gases de combustão do Regenerador.

**Gerador elétrico:** é um equipamento acoplado ao eixo do Turboexpansor, que produz energia elétrica utilizada no próprio UFCC ou exportada para outros consumidores.

**Válvulas especiais de controle e fechamento rápido:** devido à sensibilidade da operação do Turboexpansor às mudanças de pressão, que ocorrem no fluxo dos gases, e de possíveis problemas no próprio Turboexpansor, como perda do acoplamento ou sobrevelocidade, é empregado um rápido e eficiente controle, através de válvulas tipo borboleta *butterfly valves* de alta velocidade até 0,6 segundos. Para o bloqueio estanque dos dutos de admissão e de exaustão do Turboexpansor, são empregadas válvulas de vazamento zero *man safe* do tipo *goggle valve*.

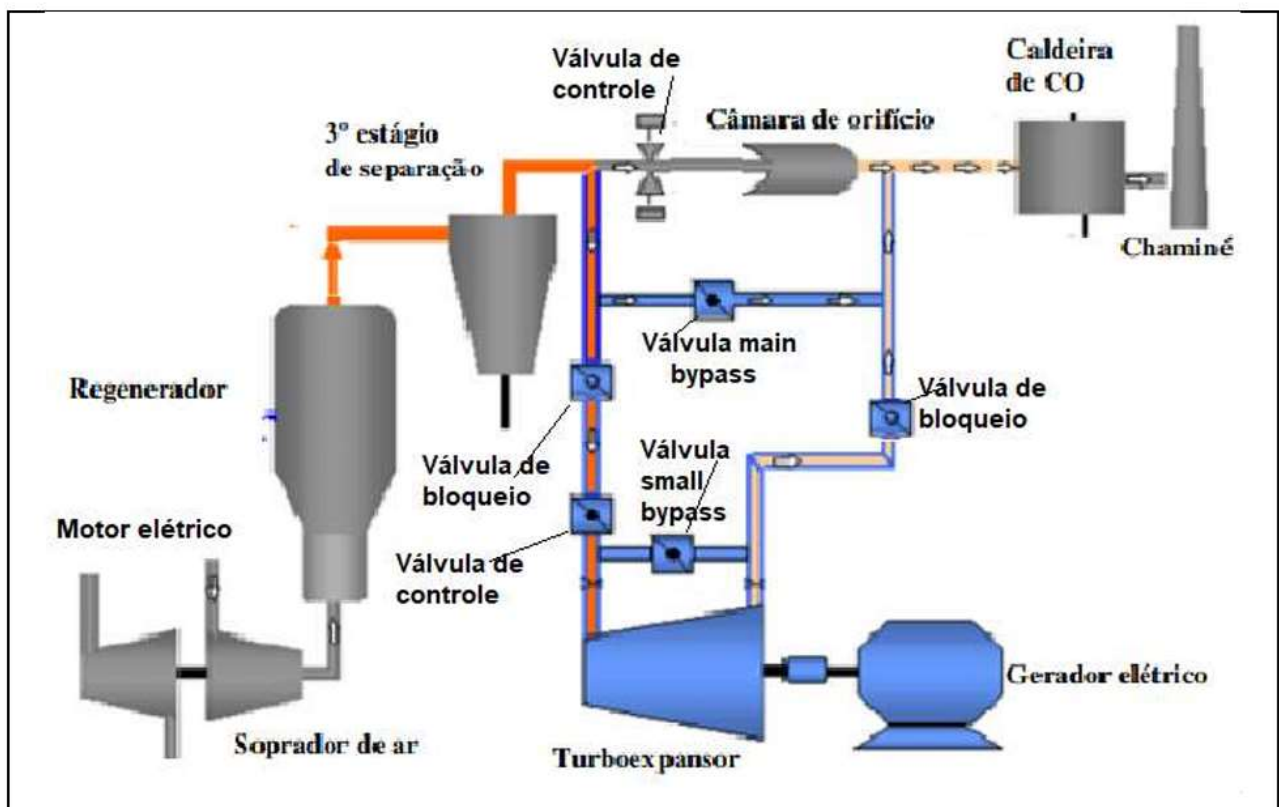
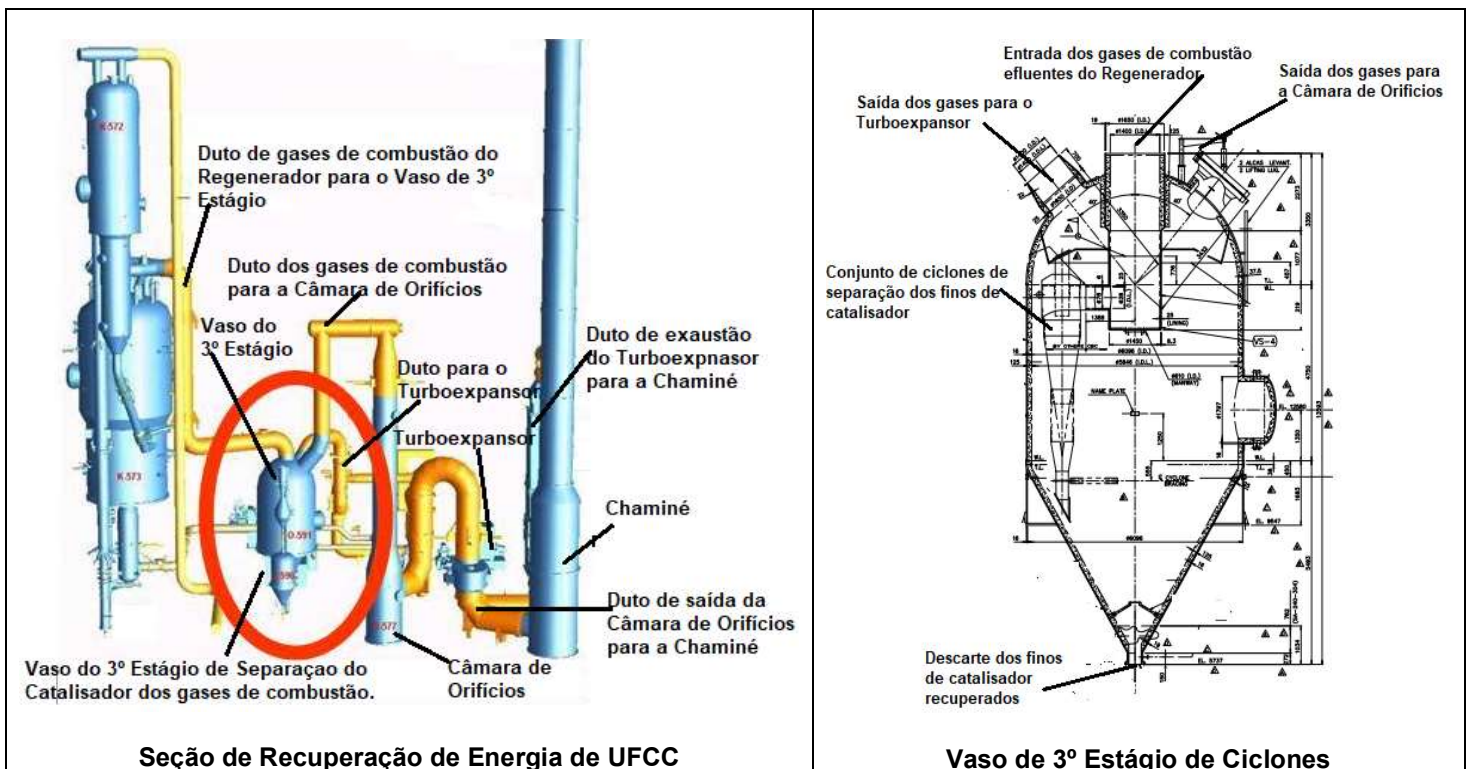


Ilustração dos equipamentos principais da Seção de Recuperação de Energia da UFCC





## 5. Válvulas especiais da UFCC

As válvulas instaladas da UFCCs são especiais devido às condições severas de operação, com catalisador abrasivo e temperaturas muito elevadas, e pelo porte e peso consideráveis.

São válvulas projetadas e fabricadas por encomenda *taylor made*.

Os serviços dessas válvulas são muito particulares, pois, operam com catalisador em pó fluidizado, gases craqueados e gases de combustão, em altas temperaturas e correntes ricas em gás CO.

Dependendo da Seção da UFCC em que as válvulas são instaladas, eles são classificados em:

- Válvulas da Seção de Conversão da UFCC;
- Válvulas da Seção de Recuperação de Energia da UFCC.

As principais características destas válvulas especiais são:

- Grande porte, com diâmetros nominais variando de 30 pol a 100 pol;
- Peso próprio de 20 a 30t, até quase 100t.
- Operação em altas temperaturas, acima de 500°C até 760°C, com disparos eventuais *up sets* de temperatura.:
- Pressões baixas, da ordem de 3 a 6 kgf/cm<sup>2</sup> (man);
- Devido às altas temperaturas de operação, as válvulas especiais da seção de conversão são fabricados de aço Carbono e possuem revestimento interno refratário isolante e resistente à erosão.
- As válvulas especiais da seção de recuperação de energia, também expostas às temperaturas elevadas, são fabricadas em aço inoxidável austenítico, sem qualquer refratamento interno, por causa do turboexpansor, que é uma máquina muito sensível, e o pó e/ou pedaços de refratário soltos poderiam erodir, depositar, desbalancear os internos e causar paradas de emergência.
- As válvulas especiais têm acionamento e controle por atuador hidráulico e estação de óleo hidráulico de alta pressão (HPCU-*Hydraulic Pressure and Control Unit*).

As válvulas especiais de UFCC- Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido *Fluid Catalyst Cracking Unit* são válvulas com as funções de controle e bloqueio seguro *man safe* dos seguintes tipos:

- Slide valves
- Plug valves
- Two port diverter valves

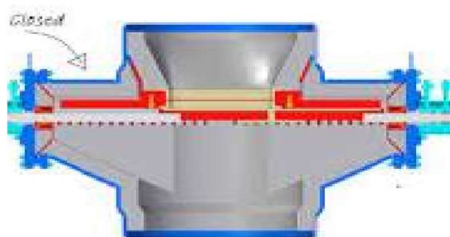
- Butterfly valves
- Goggle valve



Típica válvula de controle tipo *single disc slide valve*



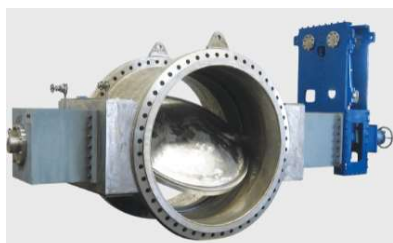
Típica válvula *wedge gate valve* de entrada à Torre Fracionadora



Típica válvula de controle tipo *double disc slide valve*



Típica válvula de controle tipo *plug valve*



Típica válvula *butterfly valve* de alta velocidade de atuação de controle



Típica válvula *two port diverter valve*



Válvula de isolamento Seguro tipo Goggle Valve utilizada em UFCC  
Man safe Enclosed Goggle Valve / Automatic Blind Isolation Valve

### 6.1. Válvulas especiais da Seção de Conversão de UFCC

As válvulas instaladas nesta Seção são:

petroblog-Santini

- Válvula de retenção e controle do fluxo de Soprador de ar para o Regenerador *Isocheck valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador regenerado *Regenerated Catalyst single disc slide valve* e *Regenerated Catalyst plug valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador gasto *Spent catalyst single disc slide valve* e válvula *Spent catalyst plug valve*
- Válvula de controle da vazão de gases de combustão oriundos do Regenerador para a Câmara de Orifícios *Flue gas double disc slide valve*
- Válvula de controle da vazão de catalisador resfriado no *Cat Cooler* de retorno para o Regenerador *Cat cooler single disc slide valve*
- Válvula de desvio dos gases de combustão para a Caldeira de CO ou para a Chaminé de *bypass* *Two port diverter valve*
- Válvula de isolamento da Torre Fracionadora *Overhead line isolation valve*

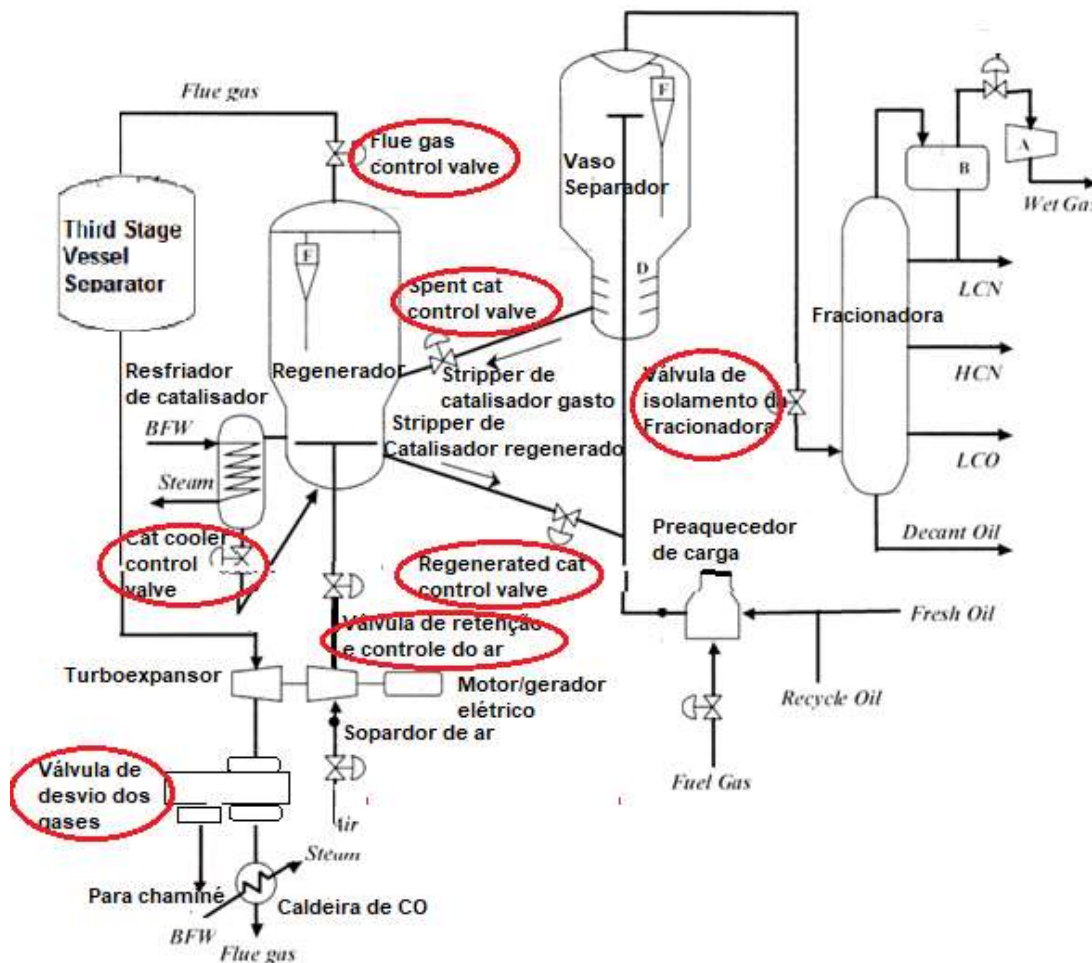


Ilustração esquemática da Seção de Conversão de FCC típico com as principais válvulas especiais

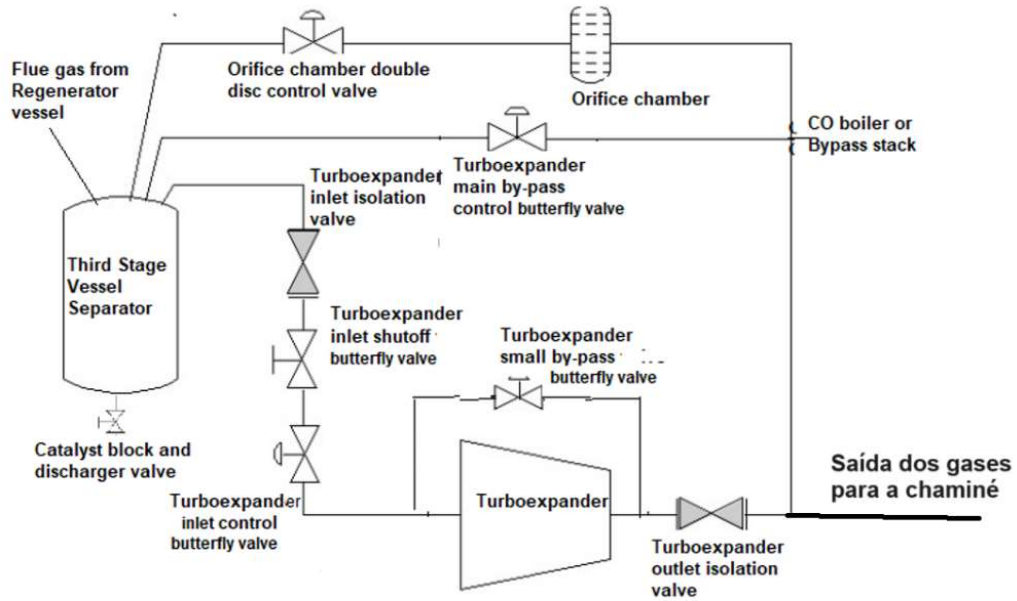
## 6.2. Válvulas especiais da Seção de Recuperação de Energia de UFCC

As válvulas instaladas nesta Seção são:

- Válvulas de isolamento e bloqueio seguro de admissão e de descarga do Turboexpansor *Goggle Valve*
- Válvula de bloqueio operacional de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle de admissão de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle "large by pass" de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de controle "small by pass" de Turboexpansor *Butterfly valve*
- Válvula de bloqueio e descarte dos finos de catalisador recuperados no Vaso de 3º estágio *Ball valve*

As *Goggle Valves* são válvulas de fechamento hermético, encapsuladas, sem qualquer vazamento, interno ou externo, que permitem a operação em altas temperaturas, até 1100°C, sem deformações..O projeto deve assegurar 100% de bloqueio do fluxo de gases na posição fechada, garantindo assim nenhuma passagem interna ou vazamento para o exterior, ou seja, isolamento seguro para o homem *man safe operation*.





## 6. Outros modelos de UFCCs de diversos licenciadores

A seguir é feito um resumo de UFCCs de projeto de outros licenciadores de tecnologia FCC

