

DOWNFLOW – O FCC DO FUTURO

DOWNFLOW – THE FCC OF THE FUTURE

DOWNFLOW – EL FCC DEL FUTURO

Andrea de Rezende Pinho¹
José Geraldo Furtado Ramos²
Mauro Silva²
Wilson Kenzo Huziwara¹

RESUMO

As reações de craqueamento térmico não são seletivas em produtos nobres tais como nafta e GLP, o que favorece a formação de coque e gás combustível no reator *RISER* de FCC. Por isto, gradativamente, o craqueamento térmico vem sendo reduzido e, conseqüentemente, a participação do craqueamento catalítico neste processo vem sendo aumentada. Uma forma de minimizar o craqueamento térmico no reator é promover o escoamento o mais próximo possível ao *plug flow*, através de reatores de fluxo descendente, mais conhecidos como *DOWNER* ou *DOWNFLOW*. A atratividade desta tecnologia vem sendo demonstrada pelos inúmeros estudos já realizados no CENPES em unidades-piloto a quente, pela utilização de unidades de demonstração a frio e pelo pleno domínio das técnicas de fluidização e de Engenharia na Petrobras. O *DOWNFLOW* apresenta ganhos significativos de conversão, de 2,2%p, basicamente por aumento na produção de gasolina e GLP, resultando em acréscimo de rentabilidade específica de 6,7 US\$/t de carga. Isto é possível devido à baixa seletividade do *DOWNFLOW* ao coque. Esta tecnologia apresenta-se como alternativa promissora para o futuro, tendo em vista o aumento gradativo da participação de petróleos nacionais da Bacia de Campos no elenco de cargas processadas nas unidades de FCC.

(Originais recebidos em fevereiro de 2002).

ABSTRACT

Thermal cracking reactions are not selective in prime products such as naphtha and LPG, which favors the formation of coke and fuel gas in the RISER reactor of the FCC. For this reason, thermal cracking is gradually being reduced and, consequently, the participation of catalytic cracking in this process is being increased. One of the ways to minimize thermal cracking in the reactor is to promote flow the closest possible to plug flow, through downward flow reactors, more commonly known as DOWNER or DOWNFLOW. Innumerable studies already done at CENPES in hot pilot units have demonstrated the attractiveness of this technology, through the utilization of cold demonstration units and through a complete knowledge of fluidization and Engineering techniques at Petrobras. The DOWNFLOW presents significant conversion gains, of 2.2% wt, basically due to the increase in gasoline and LPG production, resulting in a specific profitability increase of 6.7 US\$/t of feed. This is possible due to the low selectivity of the DOWNFLOW to the coke. This technology offers a promising alternative for the future, keeping in mind the gradual increase in the participation of national petroleum from the Campos Basin in the list of feeds processed at the FCC units.

¹ Pesquisa e Engenharia Básica de Abastecimento, Tecnologias de FCC, Centro de Pesquisas (CENPES).
e-mail: gerla@cenpes.petrobras.com.br

² Pesquisa e Engenharia Básica de Abastecimento, Engenharia Básica de FCC, Coque e Separação, Centro de Pesquisas (CENPES).
e-mail: jgramos@cenpes.petrobras.com.br

RESUMEN

Las reacciones del craqueamiento térmico no son selectivas en productos nobles tales como nafta y GLP, lo que favorece la formación del coque y gas combustible en el reactor RISER del FCC. Por esta razón, gradualmente, el craqueamiento térmico está siendo reducido y, por consiguiente, la participación del craqueamiento catalítico en este proceso está siendo aumentada. Una manera de minimizar el craqueamiento térmico en el reactor es promover el desagüe lo más próximo posible al *plug flow*, a través de reactores de flujo descendente, más conocidos como *DOWNER* o *DOWNFLOW*. El atractivo de esta tecnología está siendo demostrada por los innumerables estudios ya realizados en el CENPES en unidades-piloto a caliente, por la utilización de unidades de demostración a frío e por el pleno dominio de las técnicas de fluidización y de Ingeniería en Petrobras. El *DOWNFLOW* presenta ganancias significativas de conversión, de 2,2%p, básicamente por aumento en el producción de gasolina y GLP, resultando en crecimiento de rentabilidad específica de 6,7 US\$/t de carga. Esto es posible debido a la baja selectividad del *DOWNFLOW* al coque. Esta tecnología ofrece una alternativa prometedora para el futuro, teniendo en vista el aumento gradual de la participación de petróleos nacionales de la Cuenca de Campos en la lista de cargas procesadas en las unidades del FCC.

1. INTRODUÇÃO

O uso exclusivo de reatores de fluxo ascendente, ou *RISER*, para realização do craqueamento catalítico representou uma evolução natural do craqueamento em leito. Esta evolução foi impulsionada pelo avanço da tecnologia de catalisadores, sobretudo com o advento da zeólita - Y. Assim, substituiu-se o alto tempo de contato em leito – que corresponde ao uso de catalisador, em média bastante coqueado no leito – por variáveis como a temperatura de reação e atividade do catalisador, mais seletivas ao craqueamento catalítico e, portanto, a produtos nobres, objetivo da unidade de FCC. Gradativamente, o craqueamento térmico vem sendo reduzido e vem sendo aumentada a participação do craqueamento catalítico no processo de FCC.

Uma forma de minimizar, novamente, o craqueamento térmico no reator, minimizando as produções de coque e gás combustível, é promover o escoamento o mais próximo possível ao *plug flow*, substituindo os atuais reatores *RISERS* por reatores de fluxo descendente, mais conhecidos como *DOWNER* ou *DOWNFLOW*.

2. A ALTERNATIVA DOWNFLOW

A reação em reator tubular descendente – *DOWNFLOW* – representa significativa evolução em relação ao *RISER*. Neste último, a gravidade “freia” o catalisador reduzindo sua velocidade, tornando-o mais lento que o escoamento dos hidrocarbonetos em fase gasosa. Esta relação de velocidades entre o gás e o catalisador – *slip* – pode ser de 2 a 3. Este fenômeno provoca ainda uma acumulação de catalisador junto à parede, enquanto a parte central do *RISER* permanece com pouco catalisador. A concentração de catalisador junto à parede pode ser até 10 vezes maior que a no centro do *RISER* ⁽¹⁾. Junto à parede, tem-se retorno de catalisador – *back mixing* – que favorece o indesejável craqueamento térmico. Já na região mais central do *RISER*, a relativa ausência de catalisador leva também à incidência de craqueamento térmico. Trata-se do conhecido efeito *core-annulus*.

No *DOWNFLOW*, ao contrário, o escoamento a favor da gravidade leva catalisador e gás a trafegar com velocidades próximas. O efeito *core-annulus* é drasticamente reduzido e a distribuição de catalisador na seção transversal do *DOWNFLOW* é extremamente homogênea. O escoamento aproxima-se das condições ideais do chamado *plug flow*, praticamente eliminando o *back mixing* ⁽²⁾.

Estas alterações no perfil de escoamento, ao favorecer as reações catalíticas em detrimento das reações térmicas, apresentam um reflexo altamente positivo sobre o perfil de rendimentos. Por essa razão, o *DOWNFLOW* vem sendo estudado em diversos países, incluindo licenciadores de FCC, centros de pesquisa e universidades.

Da mesma forma, o CENPES, buscando manter a Petrobras na vanguarda da tecnologia de craqueamento catalítico, construiu duas unidades-piloto *DOWNFLOW* que há alguns anos produzem resultados, que vêm consolidando o conhecimento sobre o assunto.

3. ESTUDOS REALIZADOS

Em 1996, a Petrobras deu partida à sua primeira unidade-piloto *DOWNFLOW* no CENPES. Esta primeira unidade era de passe único, sem regeneração ⁽³⁾. Os experimentos iniciais mostraram uma melhoria na seletividade com o uso desta tecnologia. Uma segunda unidade-piloto deu partida em 2000 ⁽⁴⁾, já contando com regeneração e automação completa, confirmando os resultados prévios da primeira unidade.

Na tabela I, apresentam-se rendimentos comparativos com resultados das unidades-piloto do CENPES de *DOWNFLOW* ^(5, 6, 7) e *RISER* ⁽⁸⁾. Estes estudos foram realizados com catalisador de equilíbrio proveniente da REVAP, com 2840 ppm de vanádio e 3400 ppm de níquel e, rigorosamente, as mesmas condições operacionais em ambas as unidades: mesma carga, mesma temperatura de reação, temperatura de retorno de catalisador regenerado, tempo de contato. Como pode ser observado, o *DOWNFLOW* apresenta significativos ganhos de conversão, de 2,2 %p, basicamente por aumento na produção de gasolina e GLP, resultando em acréscimo de rentabilidade específica de 6,7 US\$/t de carga. Isto é possível principalmente devido à baixa seletividade do *DOWNFLOW* ao coque. Observa-se, também, aumento de até 37% na produção de propeno, não computado no cálculo da rentabilidade.

TABELA I
COMPARAÇÃO *DOWNFLOW* VERSUS *RISER* - CATALISADOR DE
EQUILÍBRIO DA REVAP
TABLE I
DOWNFLOW VERSUS RISER COMPARISON - REVAP
BALANCE CATALYZER

Tipo de Reator		<i>RISER</i>	<i>DOWNFLOW</i>
Temperatura de Reação	°C	550	550
Conversão	p%	72,5	74,7
Catalisador-Óleo		7,8	8,7
Delta Coque		1,13	1,02
Rendimentos:			
Coque	p%	8,8	8,8
Gás Combustível	p%	4,8	4,8
Hidrogênio	p%	0,60	0,17
GLP	p%	18,0	20,4
Propeno	p%	4,8	6,6
Gasolina	p%	41,0	40,8
LCO	p%	15,9	12,3
OD	p%	11,6	13,0
Rentabilidade Específica	US\$/t	BASE	6,7

O domínio da tecnologia de catalisadores pela Petrobras, através de sua *joint venture* com a Akzo-Nobel, tem sido de vital importância na busca da excelência para a nova tecnologia. A própria Akzo-Nobel dispõe de experiência na operação de unidade-piloto *DOWNFLOW* similar à do CENPES ⁽⁹⁾. A contínua evolução da tecnologia de catalisadores, associada à formulação de catalisadores especiais para *DOWNFLOW*, tende a consolidar esta tecnologia, distanciando-a do *RISER*.

Com relação à fluidodinâmica, aspecto delicado quando se trata de craqueamento catalítico fluido, o desenvolvimento de equipamentos voltados para *DOWNFLOW* tem sido feito por meio da operação de duas unidades a frio. A primeira localiza-se na Universidade de Tsinghua, em Pequim, que possui larga experiência e estudos publicados neste sistema reacional. A Petrobras firmou, recentemente, acordo com esta Universidade para a realização de estudos fluidodinâmicos a frio nesta unidade *DOWNFLOW* em Tsinghua. A segunda unidade localiza-se na SIX, em São Mateus do Sul. Estas unidades são as maiores do mundo no gênero, possuindo porte de unidades de demonstração. Com efeito, estas unidades *DOWNFLOW* da Universidade de Tsinghua e a unidade de circulação de catalisador da SIX U-153, com *DOWNFLOWS* de diâmetros 16” e 18”, e altura de 8 e 9 metros, respectivamente, com o porte da Unidade de FCC da Refinaria de Manaus – REMAN, asseguram confiabilidade para um futuro *scale up*.

4. *DOWNFLOW* – O FCC DO FUTURO

A evolução do conhecimento sobre *DOWNFLOW* permite antever que esta tecnologia, em curto espaço de tempo, deverá sobrepujar o atual estado-da-arte em FCC, baseado em *RISER*. Na figura 1 apresenta-se uma proposta para unidade *DOWNFLOW*. Nesta proposta, o catalisador regenerado é acumulado no vaso (1). A partir deste vaso, o catalisador é distribuído radialmente no reator *DOWNFLOW*, por meio de dispositivo Petrobras⁽¹⁰⁾, especialmente projetado para este propósito (2). No reator *DOWNFLOW* (3), o catalisador distribuído entra em contato com a carga através de dispersores de carga de última geração, *ULTRAMIST*TM. O catalisador e os produtos reacionais são separados, sendo o catalisador gasto enviado para um vaso retificador (4), e daí de volta ao regenerador, através de um *RISER* de catalisador gasto (5). Do regenerador (6), o catalisador retorna ao vaso acumulador através de um *RISER* de catalisador regenerado (7), utilizando vapor d’água, água, gás combustível ou nafta, por exemplo.

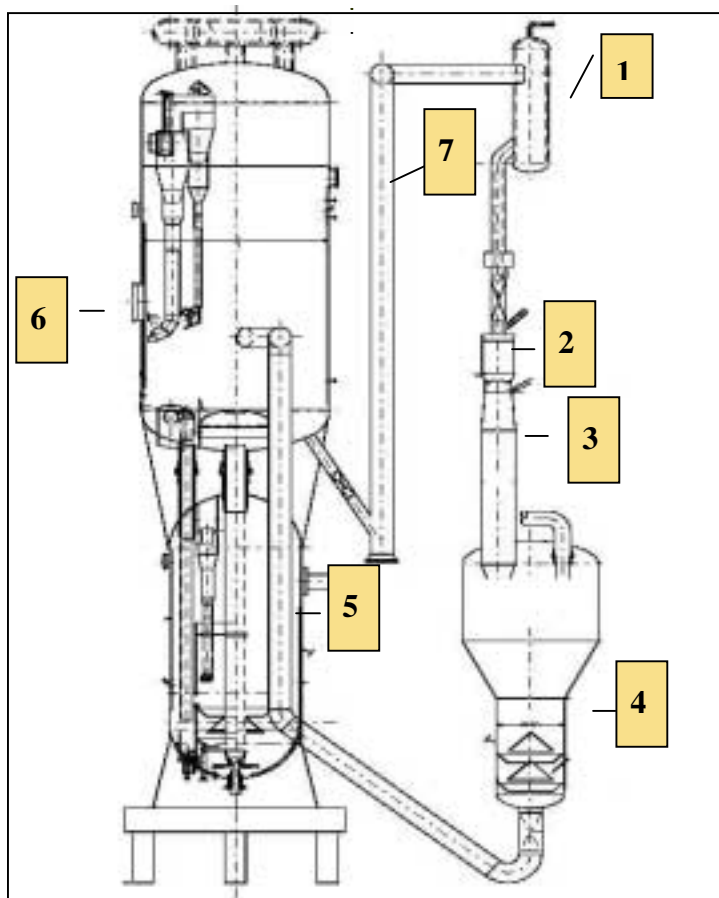


Fig. 1 - Proposta para Unidade *Downflow* de FCC.

Fig. 1 - Proposal for FCC *Downflow* Unit.

5. CONCLUSÃO

A confiabilidade da tecnologia *DOWNFLOW* é assegurada pelos inúmeros estudos realizados no CENPES em unidades-piloto a quente, pela utilização de unidades de demonstração a frio e pelo pleno domínio das técnicas de fluidização e de Engenharia da Petrobras. A tecnologia *DOWNFLOW* apresenta-se como alternativa promissora para o futuro, tendo em vista o aumento gradativo da participação de petróleos nacionais, da Bacia de Campos, no elenco de cargas processadas nas unidades de FCC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1). MARTIN, M. P. *et al.* Catalytic Cracking in Riser Reactors: Core-Annulus and Elbow Effects. **Chemical Engineering Science**, Pergamon, v. 47, n. 9-11, p.2319-2324, June-July 1992.
- (2). FEI, W. *et al.*. A Dispersion Model for Fluid Catalytic Cracking Riser and Downer Reactors. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 36, n. 12, p.5049–5053, Dec. 1997.
- (3). PINHO, A. R.; VENTURI, R. R. G. **Unidade Piloto Downer**. Rio de Janeiro : PETROBRAS.CENPES.DITER, 1997. Relatório técnico (RT DITER 016/97).
- (4). CHAVES, F. G. C.; MAESHIRO, K. **Unidade Piloto de Downer**. Rio de Janeiro: PETROBRAS.CENPES.DITEP, 1999. Relatório técnico (RT DITEP 015/99).
- (5). SCHLOSSER, C. R. *et al.* **Residue Catalytic Cracking Technology: The State Of The Art And Future Developments**, AKZO Nobel Catalysts Symposium. Noordwijk, Holanda, Junho, 2001.
- (6). PINHO, A. R. **Comparação Riser CC2 versus Downer**. Rio de Janeiro: PETROBRAS.CENPES.DITEP, 2000. Relatório técnico (RT DITEP 037/00).
- (7). PINHO, A. R. *et al.* Evolução da tecnologia de FCC na PETROBRAS. In : SIMPOSIO DE CRAQUEAMENTO CATALITICO, 4., 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro : Fabrica Carioca de Catalisadores, 2001. p. 53-64.
- (8). PEREIRA, W. C. M.; KHALIL, A. W. B.; AZEVEDO, L. F. S. **Avaliação dos Dispersores de Carga da Unidade Piloto de FCC**. Rio de Janeiro: PETROBRAS.CENPES.DITEP, 2000. Comunicação técnica (CT DITEP 051/00).
- (9). BENSLAY, R. **Unit – Project Documentation And Applications** AKZO Nobel Resid Cracking. ARC DOC AKZO 507DK005, 1997.
- (10). HUZIWARA, W. K. *et al.* **Método e Dispositivo de Entrada Multi-Funcional Para Reator Tubular de Fluxo Descendente**. PI 0101433-1. 2001.