

# Catalítica



FÁBRICA CARIOCA  
DE CATALISADORES

## A importância dos elementos Terras Raras para os catalisadores de craqueamento

La importancia de los  
elementos Tierras Raras  
para los catalizadores  
de craqueo

PÁG 6

EVALUACIÓN DE  
MODELOS DE CURVA  
DE RUPTURA PARA  
INTERCAMBIO IÓNICO DE  
LA ZEOLITA Y

AVALIAÇÃO DE MODELOS DE  
CURVA DE RUPTURA PARA  
TROCA IÔNICA  
DA ZEÓLITA Y

PÁG 16



**EXPEDIENTE**  
**EXPEDIENTE**

EDIÇÃO > 16 ANO 05 > OUTUBRO / NOVEMBRO / DEZEMBRO > 2017  
EDICIÓN > 16 AÑO 05 > OCTUBRE / NOVIEMBRE / DICIEMBRE > 2017

INFORMAÇÕES NA ÁREA DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO DE PETRÓLEO E TEMAS CORRELATOS.  
INFORMACIONES EN EL ÁREA DE CRAQUEO CATALÍTICO DE PETRÓLEO Y TEMAS CORRELATIVOS.

---

**MARKETING**  
**MARKETING**

**Aline Fonseca**

Analista de Marketing  
Analista de Marketing

**CONTATO**  
**CONTACTO**

[alinefonseca@fccsa.com.br](mailto:alinefonseca@fccsa.com.br)

**CONSELHO EDITORIAL**  
**CONSEJO EDITORIAL**

**Fernando Weber**

Gerente de Marketing  
Gerente de Marketing

**César Martins Fraga**

Coordenador de Marketing  
Coordenador de Marketing

**Aline Fonseca**

Analista de Marketing  
Analista de Marketing

# SUMÁRIO

## ÍNDICE

4	NOVO ANO, PASSAPORTE PARA NOVOS DESAFIOS	UN NUEVO AÑO, PASAPORTE PARA NUEVOS DESAFÍOS
6	A IMPORTÂNCIA DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS PARA OS CATALISADORES DE CRAQUEAMENTO	LA IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS TIERRAS RARAS PARA LOS CATALIZADORES DE CRAQUEO
28	AVALIAÇÃO DE MODELOS DE CURVA DE RUPTURA PARA TROCA IÔNICA DA ZEÓLITA Y	EVALUACIÓN DE MODELOS DE CURVA DE RUPTURA PARA INTERCAMBIO IÓNICO DE LA ZEOLITA Y
46	NOVA DIREÇÃO NA SUPERINTENDÊNCIA DA FCC S.A.	NUEVA DIRECCIÓN EN LA SUPERINTENDENCIA DE FCC S.A.
58	FCC S.A. É FINALISTA NO PRÊMIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA ANP	FCC S.A. ES FINALISTA EN EL PREMIO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE ANP
62	FCC S.A. É ELEITA A MELHOR EMPRESA DO SETOR QUÍMICO E PETROQUÍMICO PELO JORNAL VALOR ECONÔMICO	FCC S.A. FUE ELECTA LA MEJOR EMPRESA DEL SECTOR QUÍMICO Y PETROQUÍMICO POR EL DIARIO VALOR ECONÓMICO
66	FCC S.A. INVESTE EM SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS COM FOCO NO AUMENTO DE RENTABILIDADE DO CLIENTE	FCC S.A. INVIERTE EN SOLUCIONES TECNOLÓGICAS CON FOCO EN EL AUMENTO DE RENTABILIDAD DEL CLIENTE

## NOVO ANO, PASSAPORTE PARA NOVOS DESAFIOS

**FERNANDO LUIS WEBER**

Gerente Comercial

O ano de 2017 foi marcado por turbulências políticas e econômicas no Brasil e América do Sul, afetando a indústria de bens e serviços que impulsiona outros setores da economia.

No âmbito de nossa indústria, os desafios impostos nos levam a busca de soluções inovadoras. Entender claramente o valor que podemos gerar para nossos clientes, o que o futuro nos reserva e implementar as mudanças necessárias, são alguns exemplos de ações a serem perseguidas.

Desta forma, a FCC SA tem demonstrado a seus clientes o poder de oferecer produtos e serviços únicos as suas necessidades e a seus acionistas o compromisso de entregar os resultados pactuados.

Nossos colaboradores tem exercido papel fundamental nesta luta diária pela geração de valor e prosperidade.

Recentemente, nosso planejamento estratégico demonstrou os desafios que se apresentam para os próximos anos para a indústria de petróleo e refino, e por consequencia as soluções que deveremos prover aos nossos clientes.

O ano que finda, comprova que a FCC SA está no caminho certo, buscando atender e superar as expectativas de nossos clientes e acionistas, e antecipando-nos as mudanças necessárias.

Esperamos para breve, um novo ciclo de crescimento na região, que gere mais riqueza e melhor qualidade de vida para nosso povo.

Desejo a todos um feliz natal e um 2018 próspero e com muitas realizações!

Um grande abraço,

**Fernando Luis Weber**  
**Gerente Comercial**  
**Fabrica Carioca de Catalisadores SA**

## UN NUEVO AÑO, PASAPORTE PARA NUEVOS DESAFÍOS

El año de 2017 fue marcado por turbulencias políticas y económicas en Brasil y Sudamérica, afectando a la industria de bienes y servicios que impulsa otros sectores de la economía.

En el ámbito de nuestra industria, los desafíos impuestos nos llevan a la búsqueda de soluciones innovadoras. Entender claramente el valor que podemos generar para nuestros clientes, lo que el futuro nos reserva e implementar los cambios necesarios, son algunos ejemplos de acciones a ser seguidos.

De esta forma, FCC SA ha demostrado a sus clientes el poder de ofrecer productos y servicios únicos a sus necesidades y a sus accionistas el compromiso de entregar los resultados pactados.

Nuestros colaboradores han ejercido un papel fundamental en esta lucha diaria por la generación de valor y prosperidad.

Recientemente, nuestro planeamiento estratégico demostró los desafíos que se presentan para los próximos años para la industria de petróleo y refino, y por consecuencia las soluciones que deberemos proveer a nuestros clientes.

El año que termina, comprueba que FCC SA está en el camino cierto, buscando atender y superar las expectativas de nuestros clientes y accionistas, y anticipándonos a los cambios necesarios.

Esperamos para breve, un nuevo ciclo de crecimiento en la región, que genere más riqueza y mejor calidad de vida para nuestro pueblo.

¡Deseo a todos una feliz Navidad y un 2018 próspero y con muchas realizaciones!

Un gran abrazo,

**Fernando Luis Weber**  
**Gerente Comercial**  
**Fabrica Carioca de Catalisadores SA**



A importância dos elementos Terras Raras para os catalisadores de craqueamento

---

La importancia de los elementos Tierras Raras para los catalizadores de craqueo

---

## INTRODUÇÃO: O CATALISADOR DE FCC.

### História do processo de FCC

O processo de Craqueamento Catalítico Fluido (FCC) é sem dúvida o coração da refinaria e pode ser considerado um dos mais importantes processos da Indústria Química. Este processo converte resíduos atmosféricos pesados e destilados de vácuo em frações mais valorizadas tais como gasolina, diesel, querosene e GLP.

No início do século 19, as lâmpadas para iluminação interna muitas vezes utilizavam óleo de baleia como combustível. Iluminantes à base de petróleo tais como lampiões começaram a substituir o óleo de baleia em torno de 1850, dando origem a uma indústria emergente que produzia querosene a partir do refino de óleo cru. Por volta do fim do século a indústria automotiva, em crescimento, propiciou um uso alternativo a frações leves de petróleo, prin-

cipalmente gasolina. Logo o fornecimento de gasolina de destilação direta como combustível para motores automotivos se tornou insuficiente. Por esta razão, a indústria do petróleo começou a buscar processos alternativos objetivando aumentar a produção de frações mais leves. Este fato foi a força motriz para o primeiro processo de craqueamento, o Craqueamento Térmico<sup>1</sup>. O processo de craqueamento térmico (também conhecido como "processo de craqueamento Shukhov") foi inventado pelo engenheiro russo Vladimir Shukhov e patentado em 1891 no Império Russo, patente nº 12926, em 27 de Novembro de 1891. Mais tarde, este processo foi modificado pelo engenheiro americano William Merriam Burton e patentado como patente norte-americana U.S. 1.049.667 em 8 de junho de 1908.

## INTRODUCCIÓN: EL CATALIZADOR DE FCC.

### Historia del proceso de FCC

El proceso de Craqueo Catalítico Fluido (FCC) es sin duda el corazón de la refinería y puede ser considerado uno de los más importantes procesos de la Industria Química. Este proceso convierte residuos atmosféricos pesados y destilados de vacío en fracciones más valoradas tales como gasolina, diesel, queroseno y GLP.

Al inicio del siglo 19, las lámparas para iluminación interna muchas veces utilizaban aceite de ballena como combustible. Iluminantes a base de petróleo tales como lampiones comenzaron a sustituir el aceite de ballena en torno a 1850, dando origen a una industria emergente que producía queroseno a partir del refino de aceite crudo. Alrededor del fin del siglo la industria automotiva, en crecimiento, propició un uso alternativo a fracciones ligeras

de petróleo, principalmente gasolina. Luego el suministro de gasolina de destilación directa como combustible para motores automotivos se volvió insuficiente. Por esta razón, la industria del petróleo empezó a buscar procesos alternativos objetivando aumentar la producción de fracciones más ligeras. Este hecho fue la fuerza motriz para el primer proceso de craqueo, el Craqueo Térmico<sup>1</sup>. El proceso de craqueo térmico (también conocido como "proceso de craqueo Shukhov") fue inventado por el ingeniero ruso Vladimir Shukhov y patentado en 1891 en el Imperio Ruso, patente nº 12926, el 27 de noviembre de 1891. Más tarde, este proceso fue modificado por el ingeniero estadounidense William Merriam Burton y patentado como patente norteamericana U.S. 1.049.667 el 8 de junio de 1908.

À medida que motores mais novos e mais potentes foram sendo desenvolvidos, foi exigida gasolina de mais alta octanagem. Além disso, motores de avião necessitavam de combustível com índices de octanas próximos de 100. Tais características não poderiam ser obtidas através do processo tradicional de craqueamento térmico. Portanto, a descoberta de um processo de craqueamento mais eficiente, pelo engenheiro francês Eugene Houdry<sup>2</sup> nos anos 1920, permitiu que as refinarias produzissem gasolina de octanagem mais elevada, permitindo igualmente um aumento no fornecimento da mesma. Este processo foi denominado Craqueamento Catalítico (conhecido como "craqueamento catalítico de leito fixo de Houdry"), já que reações de craqueamento eram promovidas por um catalisador sólido<sup>3</sup>. O processo compreendia vários reatores separados atuando como um processo cíclico, ou melhor, enquanto em alguns reatores ocorria craqueamento, em outros o catalisador sofria regeneração por queima de coque com ar. O conceito de craqueamento térmico foi aperfeiçoado adicionalmente pelo Craqueamento Catalítico Thermofor da Mobil (TCC), no qual um leito móvel de catalisador com um macrocatalisador (esferas com diâmetro de 1,5-2mm) era usado. O sistema de leito móvel aumentou o rendimento de gasolina em 15% em relação ao sistema de leito fixo.

O conhecimento sobre leitos fluidizados junto com a preparação de catalisador em partículas finas foi a base para o desenvolvimento do processo de Craqueamento Catalítico Fluido (FCC)<sup>5,6</sup>. O uso de partículas pequenas oferecia vantagens em termos de transferência de calor e difusão de massa em relação às grandes pelotas de catalisador usadas tanto em leito fixo como

A medida que motores más nuevos y más potentes fueron siendo desarrollados, fue exigida gasolina de octanaje más alto. Además de eso, motores de avión necesitaban combustible con índices de octanas próximos de 100. Tales características no podrían ser obtenidas a través del proceso tradicional de craqueo térmico. Por lo tanto, el descubrimiento de un proceso de craqueo más eficiente, por el ingeniero francés Eugene Houdry<sup>2</sup> en los años 1920, permitió que las refinarias produjesen gasolina de octanaje más elevado, permitiendo igualmente un aumento en el suministro de la misma. Este proceso fue denominado Craqueo Catalítico (conocido como "craqueo catalítico de lecho fijo de Houdry"), ya que reacciones de craqueo eran promovidas por un catalizador sólido<sup>3</sup>. El proceso comprendía varios reactores separados actuando como un proceso cíclico, o mejor, mientras que en algunos reactores ocurría craqueo, en otros el catalizador sufría regeneración por quema de coque con aire. El concepto de craqueo térmico fue perfeccionado adicionalmente por el Craqueo Catalítico Thermofor de Mobil (TCC), en el cual un lecho móvil de catalizador con un macrocatalizador (esferas con diámetro de 1,5-2mm) era usado. El sistema de lecho móvil aumentó el rendimiento de gasolina en 15% en relación al sistema de lecho fijo.

El conocimiento sobre lechos fluidizados junto con la preparación de catalizador en partículas finas fue la base para el desarrollo del proceso de Craqueo Catalítico Fluido (FCC)<sup>5,6</sup>. El uso de partículas pequeñas ofrecía ventajas en términos de transferencia de calor y difusión de masa en relación a las grandes pelotas de catalizador usadas tanto en lecho fijo como

2. American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks. The Houdry Process for Catalytic Cracking. <http://portal.acs.org/portal/PublicWebSite/education/whatischemistry/landmarks/houdry/index.htm> (accessed April 27, 2013).

5. A. Avidan, M. Edwards and H. Owen Oil & Gas Journal, 1990, 88 (2).

6. J. Scherzer . Octane-enhancing Zeolitic FCC Catalysts: Scientific and Technical Aspects. CRC Press. 1990, ISBN 0-8247-8399-9.



em TCC. A primeira unidade de FCC iniciou em Maio de 1942, na refinaria da Standard Oil de New Jersey em Baton Rouge, Louisiana. A enorme demanda por combustíveis para motor e aviação devida à 2ª Guerra Mundial ajudou a estabelecer este processo. Na verdade, entre 1942 e 1945, 34 novas unidades foram postas em andamento.

O aperfeiçoamento da tecnologia de FCC foi efetuado através de vários tipos de reatores. De fato, o primeiro foi um reator de fluxo ascendente Modelo I FCC, seguido pelo reator de fluxo descendente Modelo II FCC. Foram igualmente desenvolvidos o projeto de reator empilhado, Esso modelo 4 e o riser reto. Por fim, o projeto side-by-side com riser reto, melhor para unidades grandes, foi comercializado em 1950.

## O CATALISADOR DE FCC

O primeiro uso comercial de craqueamento catalítico ocorreu em 1915 quando A. M. McAfee desenvolveu um processo em batelada usando cloreto de alumínio (que era um catalisador tradicional de Friedel Crafts conhecido desde 1877) para promover o craqueamento de petróleo pesados. No entanto, o custo proibitivo do catalisador impediu o uso generalizado do processo de McAfee na época.

Os catalisadores para craqueamento são historicamente subdivididos nos seguintes três grupos principais:

- Catalisadores Naturais – argilas, como bentonita ou montmorillonita, eram submetidas a tratamento ácido para remover Na e Mg e aumentar sua acidez;

em TCC. La primera unidad de FCC empezó en mayo de 1942, en la refinera de Standard Oil de New Jersey en Baton Rouge, Louisiana. La enorme demanda por combustibles para motor y aviación debido a la 2ª Guerra Mundial ayudó a establecer este proceso. En verdad, entre 1942 y 1945, 34 nuevas unidades fueron puestas en marcha.

El perfeccionamiento de la tecnología de FCC fue efectuado a través de varios tipos de reactores. De hecho, el primero fue un reactor de flujo ascendente Modelo I FCC, seguido por el reactor de flujo descendente Modelo II FCC. Fueron igualmente desarrollados el proyecto de reactor empilhado, Ese modelo 4 y el riser recto. Por fin, el proyecto side-by-side con riser recto, mejor para unidades grandes, fue comercializado en 1950.

## EL CATALIZADOR DE FCC

El primer uso comercial de craqueo catalítico ocurrió en 1915 cuando A. M. McAfee desarrolló un proceso en batelada usando cloruro de aluminio (que era un catalizador tradicional de Friedel Crafts conocido desde 1877) para promover el craqueo de petróleo pesados. Sin embargo, el coste prohibitivo del catalizador impidió el uso generalizado del proceso de McAfee en esa época.

Los catalizadores para craqueo son históricamente subdivididos en los tres siguientes principales grupos:

- Catalizadores Naturales – arcillas, como bentonita o montmorillonita, eran sometidas a tratamiento ácido para remover Na y Mg y aumentar su acidez;

- Catalisadores amorfos – estes eram géis de sílica e alumina, resultantes da reação de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  e  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Havia dois tipos desses catalisadores, baixa alumina (10 a 15% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e alta alumina (20 a 30% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
  - Catalisadores cristalinos – Microesferas (40-150  $\mu\text{m}$ ), tendo como componente principal uma zeólita cristalina.
- Catalizadores amorfos – estos eran geles de sílica y alúmina, resultantes de la reacción de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Había dos tipos de esos catalizadores, baja alúmina (10 a 15% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y alta alúmina (20 a 30% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
  - Catalizadores cristalinos – Microesferas (40-150  $\mu\text{m}$ ), teniendo como componente principal una zeólita cristalina.

Na realidade, Houdry foi o primeiro a usar as bentonitas tratadas com ácido como catalisadores de craqueamento, já em 1936. Nos anos 1940, catalisadores de sílica alumina foram sintetizados e aperfeiçoaram grandemente o desempenho de catalisadores à base de argila. Os primeiros catalisadores sintéticos amorfos de sílica-alumina continham cerca de 13% em peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (baixa alumina), no entanto, em 1955, o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tinha sido elevado para cerca de 25%.

Em 1962 ocorreu a inovação catalítica mais importante do processo de FCC, quando um componente, conhecido como Zeólita-Y, foi adicionado ao catalisador ativo de alumina. Foi

En realidad, Houdry fue el primero a usar las bentonitas tratadas con ácido como catalizadores de craqueo, ya en 1936. En los años 1940, catalizadores de sílica-alúmina fueron sintetizados y perfeccionaron grandemente el desempeño de catalizadores a base de arcilla. Los primeros catalizadores sintéticos amorfos de sílica-alúmina contenían cerca de 13% en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (baja alúmina), sin embargo, en 1955, el tenor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  había sido elevado para cerca del 25%.

En 1962 ocurrió la innovación catalítica más importante del proceso de FCC, cuando un componente, conocido como Zeolita-Y, fue adicionado al catalizador activo de alúmina.

verificado que através da adição de pequenas proporções de zeólita na matriz do catalisador antigo de sílica-alumina, havia sido produzido um novo catalisador. Esse catalisador tinha um desempenho excelente, muito melhor do que qualquer catalisador anterior. O catalisador zeolítico melhorou muito o rendimento em gasolina (Tabela 1). Os primeiros catalisadores zeolíticos comerciais foram introduzidos em 1964, e os catalisadores zeolíticos continuam a ser usados atualmente.

No entanto, deve-se ter em mente que a gasolina produzida via os catalisadores zeolíticos originais tinha um Número de Octanas (RON) mais baixo. Isto foi correlacionado posteriormente com o fato de que zeólitas, tendo uma densidade muito elevada em sítios ácidos, estavam aumentando a Reação de Transferência de Hidrogênio (HTR) como descrito abaixo<sup>7</sup>.

**3 Olefinas + Nafteno → Aromático + 3 Parafinas**

Fue verificado que a través de la adición de pequeñas proporciones de zeolita en la matriz del catalizador antiguo de sílica-alúmina, había sido producido un nuevo catalizador. Ese catalizador tenía un desempeño excelente, mucho mejor que el de cualquier catalizador anterior. El catalizador zeolítico mejoró mucho el rendimiento en gasolina (Tabla 1). Los primeros catalizadores zeolíticos comerciales fueron introducidos en 1964, y los catalizadores zeolíticos continúan siendo usados actualmente.

Sin embargo, se debe tener en mente que la gasolina producida vía los catalizadores zeolíticos originales tenía un Número de Octanas (RON) más bajo. Esto fue correlacionado posteriormente con el hecho de que zeolitas, teniendo una densidad muy elevada en sitios ácidos, estaban aumentando la Reacción de Transferencia de Hidrógeno (HTR) como descrito abajo<sup>7</sup>.

**3 Olefinas + Nafteno → Aromático + 3 Parafinas**

7. U. Sedran. Catal. Rev. Sci. Eng., 1994, 36, 405-431

**TABELA 1 // TABLA 1**

Principais características dos primeiros catalisadores contendo zeólitas  
Principales características de los primeros catalizadores conteniendo zeolitas

Tipo	Característica Principal
COQUE	Catalisadores zeolíticos reduziram a formação de coque Catalizadores zeolíticos redujeron la formación de coque
GASOLINA	Catalisadores zeolíticos aumentaram o rendimento em gasolina Catalizadores zeolíticos aumentaron el rendimiento en gasolina
RON	Catalisadores zeolíticos reduziram RON devido a HTR mais elevada Catalizadores zeolíticos redujeron RON debido a HTR más elevada

Essa reação é prejudicial à qualidade da gasolina quando se trata de RON. Por esta razão as zeólitas sofreram vários tipos de modificações visando reduzir transferência de hidrogênio, aumentando assim o RON da gasolina.

## OS CATALISADORES DE FCC ATUAIS

Embora um elevado número de formulações possa ser encontrado atualmente quando se trata de catalisadores de FCC, para qualquer formulação os componentes do catalisador podem ser classificados como segue<sup>8</sup>:

- [a] COMPONENTE ATIVO – responsável pela maior parte da atividade do catalisador, constituído em geral por faujasitas (ou zeólitas-Y). Atualmente, outra zeólita tem sido usada (ZSM-5).
- [b] MATRIZES – elas promovem conversão de fundos, aumentando a atividade global do catalisador. Elas precisam ter certa tolerância a Ni e V, a compostos nitrogenados e, quando possível promover efeitos DESOX. Elas também devem ter propriedades ligantes.
- Matriz ativa – normalmente, a matriz ativa é uma alumina<sup>9</sup>, que é ácida, embora menos ácida do que a zeólita, e por outro lado, aluminas têm poros muito maiores do que a zeólita, portanto elas promovem o pré-craqueamento de moléculas mais pesadas;
  - Matriz inerte – normalmente, a matriz inerte é uma argila, como caulim, sendo usada para conferir propriedades físicas;
  - Matriz sintética – a matriz sintética é na realidade um ligante que mantém todos os outros componentes ligados no catalisador final.
- [c] INGREDIENTES FUNCIONAIS – ingredientes adicionados ao catalisador para desempenhar uma função específica (isto é, traps para capturar compostos de Vanádio).

Esa reacción es perjudicial a la calidad de la gasolina cuando se trata de RON. Por esta razón las zeolitas sufrieron varios tipos de modificaciones con el objetivo de reducir la transferencia de hidrógeno, aumentando así el RON de la gasolina.

## LOS CATALIZADORES DE FCC ACTUALES

Aunque un elevado número de formulaciones pueda ser encontrado actualmente cuando se trata de catalisadores de FCC, para cualquier formulación los componentes del catalizador pueden ser clasificados como abajo<sup>8</sup>:

- [a] COMPONENTE ACTIVO – responsable por la mayor parte de la actividad del catalizador, constituido en general por faujasitas (o zeolitas-Y). Actualmente, otra zeolita ha sido usada (ZSM-5).
- [b] MATRICES – estas promueven conversión de fondos, aumentando la actividad global del catalizador. Necesitan tener cierta tolerancia a Ni y V, a compuestos nitrogenados y, cuando posible promover efectos DESOX. También deben tener propiedades ligantes.
- Matriz activa – normalmente, la matriz activa es una alúmina<sup>9</sup>, que es ácida, aunque menos ácida que la zeolita, y por otro lado, alúminas tienen poros mucho mayores que la zeolita, por lo tanto estas promueven el pre craqueo de moléculas más pesadas;
  - Matriz inerte – normalmente, la matriz inerte es una arcilla, como caolín, siendo usada para conferir propiedades físicas;
  - Matriz sintética – la matriz sintética es en realidad un ligante que mantiene todos los otros componentes ligados en el catalizador final.
- [c] INGREDIENTES FUNCIONALES ingredientes adicionados al catalizador para desempeñar una función específica (esto es, trampas para capturar compuestos de Vanadio).

8. P.B. Venuto and E.T. Habib (1979). Fluid Catalytic Cracking with Zeólita Catalysts. New York, NY: Marcel Dekker.

9. S. Al-Khattaf, Energy & Fuels 2003, 17, 62-68.

Os catalisadores de FCC estão em constante modificação, novos catalisadores comerciais sendo entregues ao mercado a cada seis meses ou menos. Na verdade, novas formulações estão sendo desenvolvidas constantemente, objetivando:

- Desfavorecer a formação de coque;
- Promover a conversão de fundos;
- Apresentar alta resistência a metais (V, Ni e Fe);
- Exibir desempenho excelente em termos de octanas, já que compostos contendo chumbo não podem mais ser usados.

## A PREPARAÇÃO DE CATALISADORES DE FCC

Como mencionado anteriormente, os catalisadores de FCC são espécies multicomponentes, cuja preparação não é trivial. O tipo de componente usado, os ingredientes usados na preparação dos mesmos, a ordem de adição destes ingredientes e como eles respondem à calcinação sob vapor determinarão as características finais do catalisador. Embora diferentes tecnologias possam ter diferentes etapas na preparação do catalisador, as etapas convencionais podem ser didaticamente divididas em:

- a) Preparação da Zeólita;
- b) Modificações da Zeólita;
- c) Formação da Partícula (por secagem por atomização ou spray drying);
- d) Troca Iônica;
- e) Lavagem;
- f) Secagem;
- g) Calcinação.

Los catalizadores de FCC están en constante modificación, nuevos catalizadores comerciales siendo entregados al mercado a cada seis meses o menos. En verdad, nuevas formulaciones están siendo desarrolladas constantemente, objetivando:

- Desfavorecer la formación de coque;
- Promover la conversión de fondos;
- Presentar alta resistencia a metales (V, Ni y Fe);
- Exibir desempeño excelente en términos de octanas, ya que compuestos conteniendo plomo no pueden más ser usados.

## LA PREPARACIÓN DE CATALIZADORES DE FCC

Como mencionado anteriormente, los catalizadores de FCC son especies multicomponentes, cuya preparación no es trivial. El tipo de componente usado, los ingredientes usados en la preparación de los mismos, el orden de adición de estos ingredientes y como responden a la calcinación bajo vapor determinarán las características finales del catalizador. Aunque diferentes tecnologías puedan tener diferentes etapas en la preparación del catalizador, las etapas convencionales pueden ser didácticamente divididas en:

- a) Preparación de la Zeolita;
- b) Modificaciones de la Zeolita;
- c) Formación de la Partícula (por secado por atomización o spray drying);
- d) Intercambio Iónico;
- e) Lavado;
- f) Secado;
- g) Calcinación

Na verdade, a partícula de catalisador de FCC é muito similar a uma partícula de concreto. O concreto é um material de construção composto primariamente de brita, cimento e areia, cujos tamanhos relativos são 15, 250 e 5000. Em relação à partícula de catalisador, tem-se um ligante, alumina e zeólita/argila, que têm aproximadamente os mesmos tamanhos relativos (Figura 1), formando uma partícula de dureza considerável.

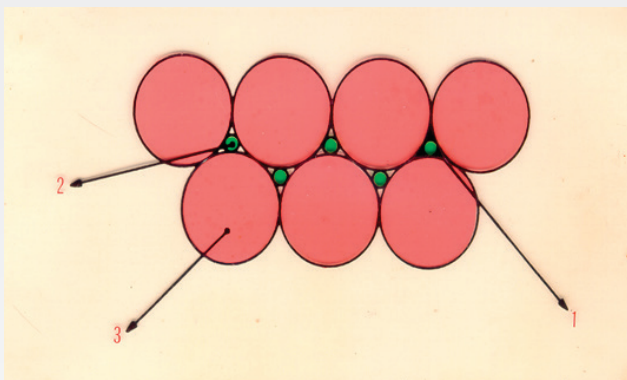
Como demonstrado na Figura 2, os diferentes componentes, isto é, a alumina, a zeólita e a argila são basicamente pós que têm diferentes tamanhos médios de partícula. Eles são em geral colocados em suspensão em um frasco, junto com o ligante, em geral produzido in situ. Após efetuar a suspensão de todos os componentes, é preciso formar a partícula de catalisador. A formação da partícula requer o uso de uma tecnologia qualquer de formação de partícula. Normalmente, é escolhida a secagem por atomização ou *spray drying* já que ela pode prover o produtor com uma distribuição relativamente estreita de tamanho de partícula e boa resistência ao atrito, que é uma das

En verdad, la partícula de catalisador de FCC es muy similar a una partícula de concreto. El concreto es un material de construcción compuesto primariamente de grava, cemento y arena, cuyos tamaños relativos son 15, 250 y 5000. En relación a la partícula de catalisador, se tiene un ligante, alúmina y zeolita/arcilla, que tienen aproximadamente los mismos tamaños relativos (Figura 1), formando una partícula de considerable dureza.

Como demostrado en la Figura 2, los diferentes componentes, isto é, la alúmina, la zeolita y la arcilla son básicamente polvos que tienen diferentes tamaños medios de partícula. Estos son en general colocados en suspensión en un frasco, junto con el ligante, en general producido in situ. Después de efectuar la suspensión de todos los componentes, es necesario formar la partícula de catalisador. La formación de la partícula requiere el uso de una tecnología cualquiera de formación de partícula. Normalmente, es escogido el secado por atomización o *spray drying* ya que esta puede proveer el productor con una distribución relativamente estrecha de tamaño de partícula y buena resistencia a la fricción, que es una de las

**FIGURA 1 // FIGURA 1**

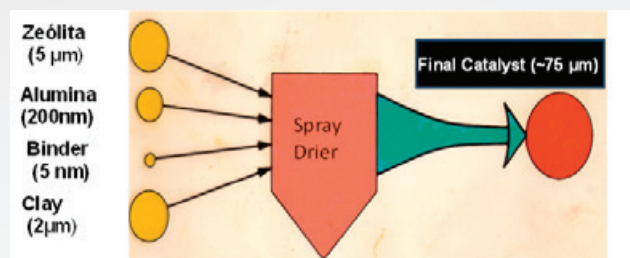
partícula de FCC: o modelo de concreto.  
1 – Ligante; 2 – Alumina; 3 – Zeólita/Argila  
partícula de FCC: el modelo de concreto.  
1 – Ligante; 2 – Alúmina; 3 – Zeolita/Arcilla



**FIGURA 2 // FIGURA 2**

Formação da partícula de catalisador de FCC: partículas de diferentes tamanhos geram o catalisador final através de secagem por atomização ou *spray drying*.

Formación de la partícula de catalisador de FCC: partículas de diferentes tamaños generan el catalisador final a través de secado por atomización o *spray drying*.



Zeolite = zeólita; Alumina = Alumina; binder = Ligante; Clay = Argila

Spray-dryer = secador por atomização ou spray drier/ secador por atomização o spray drier

Final Catalyst = Catalisador Final/ Catalizador Final

maiores preocupações no desempenho do catalisador de FCC (Figura 2). Adicionalmente, muitas tecnologias exigem uma etapa final de calcinação a fim de aumentar a dureza do catalisador. No entanto, a calcinação deve ser efetuada com cuidado, já que o componente zeólita é muito sensível à calcinação por vapor.

## O COMPONENTE ZEÓLITA

Há várias razões pelas quais as zeólitas se tornaram o catalisador preferido para muitas reações de importância industrial. No processo de craqueamento, as seguintes características merecem atenção especial:

### a) Estabilidade Térmica:

Por certo, uma das razões mais importantes para basear a seleção de zeólitas como catalisador para reações a alta temperatura é sua boa estabilidade térmica. A maior parte das zeólitas não é afetada por temperaturas de até 650°C. Para zeólitas que apresentam altas razões sílica-alumina, o colapso estrutural se torna significativo somente a temperaturas

mayores preocupaciones en el desempeño del catalizador de FCC (Figura 2). Adicionalmente, muchas tecnologías exigen una etapa final de calcinación con el fin de aumentar la dureza del catalizador. Sin embargo, la calcinación debe ser efectuada con cuidado, ya que el componente zeolita es muy sensible a la calcinación por vapor.

## EL COMPONENTE ZEOLITA

Hay varias razones por las que las zeolitas se volvieron el catalizador preferido para muchas reacciones de importancia industrial. En el proceso de craqueo, las siguientes características merecen especial atención:

### a) Estabilidad Térmica:

Por cierto, una de las razones más importantes para basar la selección de zeolitas como catalizador para reacciones a alta temperatura es su buena estabilidad térmica. La mayor parte de las zeolitas no es afectada por temperaturas de hasta 650°C. Para zeolitas que presentan altas razones sílica-alúmina, el colapso estructural se vuelve significativo solamente a temperaturas



tão elevadas quanto 1000°C. Além disso, a introdução de átomos Terras Raras na zeólita também aumenta a estabilidade térmica. Portanto, essas zeólitas são adequadas para processos de craqueamento catalítico fluido, onde prevalecem altas temperaturas e outras condições operacionais agressivas.

### **b) Acidez:**

Zeólitas exibem acidez muito mais alta do que os primeiros catalisadores amorfos de sílica-alumina. Além disso, as zeólitas têm sítios ácidos tanto de Brønsted como de Lewis. A densidade desses sítios ácidos está correlacionada à razão sílica-alumina (SAR) na estrutura zeolítica. Essa densidade aumenta com o teor de alumínio. No entanto, à medida que a SAR aumenta e a densidade de sítios diminui, a força de sítios isolados aumenta, atingindo um máximo. Em geral, os seguintes parâmetros afetam a acidez de uma zeólita:

1. A natureza e tipo dos sítios ácidos
2. A densidade ou concentração dos sítios ácidos
3. A distribuição de força dos sítios ácidos
4. A localização dos sítios ácidos no interior da estrutura zeolítica
5. A distribuição geométrica dos sítios ácidos sobre os cristais de zeólita.

Um parâmetro importante que governa a acidez por unidade de célula na estrutura zeolítica é o Tamanho de Célula Unitária (UCS), representado pelo símbolo  $A_0$ . O valor de  $A_0$  está relacionado à SAR da zeólita.

tan elevadas como 1000°C. Además de eso, la introducción de átomos Tierras Raras en la zeolita también aumenta la estabilidad térmica. Por lo tanto, esas zeolitas son adecuadas para procesos de craqueo catalítico fluido, donde prevalecen altas temperaturas y otras condiciones operacionales agresivas.

### **b) Acidez:**

Zeolitas exhiben acidez mucho más alta que los primeros catalizadores amorfos de sílica-alúmina. Además de eso, las zeolitas tienen sitios ácidos tanto de Brønsted como de Lewis. La densidad de esos sitios ácidos está correlacionada a la razón sílica-alúmina (SAR) en la estructura zeolítica. Esa densidad aumenta con el tenor de aluminio. Sin embargo, a medida que la SAR aumenta y la densidad de sitios disminuye, la fuerza de sitios aislados aumenta, alcanzando un máximo. En general, los siguientes parámetros afectan la acidez de una zeolita:

1. La naturaleza y tipo de los sitios ácidos
2. La densidad o concentración de los sitios ácidos
3. La distribución de fuerza de los sitios ácidos
4. La localización de los sitios ácidos en el interior de la estructura zeolítica
5. La distribución geométrica de los sitios ácidos sobre los cristales de zeolita.

Un parámetro importante que gobierna la acidez por unidad de célula en la estructura zeolítica es el Tamaño de Célula Unitaria (UCS), representado por el símbolo  $A_0$ . El valor de  $A_0$  está relacionado a la SAR de la zeolita.



**c) Seletividade de forma 10,11,12:**

As dimensões dos poros no interior da estrutura zeolítica são muitas vezes similares aos tamanhos das moléculas que participam nas reações que elas catalisam, gerando uma forte influência na seletividade destas reações. Os principais tipos de seletividade são os seguintes:

- Seletividade do reagente ocorre quando somente parte das moléculas reagentes são suficientemente pequenas para difundir através dos poros do catalisador.
- Seletividade do produto ocorre quando parte dos produtos formados no interior dos poros são excessivamente volumosos para difundir sob forma de produtos observados. Eles são convertidos ou em moléculas menos volumosas ou eventualmente desativam o catalisador pelo bloqueio de poros.
- Seletividade restrita do estado de transição ocorre quando certas reações são impedidas porque o estado de transição correspondente exigiria mais espaço do que aquele disponível nas cavidades. Nem o reagente nem as moléculas potenciais de produto são impedidos de difundir através dos poros. As reações que necessitam estados de transição mais baixos ocorrem sem impedimento.
- Controle de tráfego molecular pode ocorrer em zeólitas com mais de um tipo de sistema de poro. Aqui as moléculas de reagente podem entrar preferencialmente no catalisador através de um dos sistemas de poro enquanto os produtos difundem através do outro sistema de poro.

**d) Efeitos de Concentração:**

Efeitos de concentração estão relacionados aos conceitos de hidrofobicidade ou hidrofili-

**c) Selectividad de forma 10,11,12:**

Las dimensiones de los poros en el interior de la estructura zeolítica son muchas veces similares a los tamaños de las moléculas que participan en las reacciones que estas catalizan, generando una fuerte influencia en la selectividad de estas reacciones. Los principales tipos de selectividad son los siguientes:

- Selectividad del reactivo ocurre cuando solamente parte de las moléculas reactivas son suficientemente pequeñas para difundir a través de los poros del catalizador.
- Selectividad del producto ocurre cuando parte de los productos formados en el interior de los poros son excesivamente voluminosos para difundir bajo forma de productos observados. Estos son convertidos o en moléculas menos voluminosas o eventualmente desactivan el catalizador por el bloqueo de poros.
- Selectividad restringida del estado de transición ocurre cuando ciertas reacciones son impedidas porque el estado de transición correspondiente exigiría más espacio que aquel disponible en las cavidades. Ni el reactivo ni las moléculas potenciales de producto son impedidos de difundir a través de los poros. Las reacciones que necesitan estados de transición más bajos ocurren sin impedimento.
- Control de tráfico molecular puede ocurrir en zeólitas con más de un tipo de sistema de poro. Aquí las moléculas de reactivo pueden entrar preferencialmente en el catalizador a través de uno de los sistemas de poro mientras los productos difunden a través del otro sistema de poro.

**d) Efectos de Concentración:**

Efectos de concentración están relacionados a los conceptos de hidrofobicidad o hidrofili-



das zeólitas, afetando a seletividade da reação. Essas propriedades podem ter um ajuste fino quando as zeólitas estão sendo sintetizadas, produzindo zeólitas específicas para certa finalidade.

Como mencionado anteriormente, o componente zeolítico é o componente mais importante no catalisador de FCC, sendo capaz de prover o catalisador tanto com a acidez quanto com a seletividade convenientes. Em catalisadores de FCC, a zeólita empregada é faujasita, ou antes, a estrutura FAU. A razão Si/Al da zeólita-Y preparada é uma característica importante desse material já que quanto mais alta a razão Si/Al, mais estável é a zeólita em relação a desaluminização ácida e hidrotérmica.

A zeólita é sintetizada na forma sódica, que é uma forma não-ativa, já que os sítios ácidos (sítios ácidos de Brønsted) responsáveis pela formação de carbocátions e portanto reações de craqueamento não estão presentes. Assim, a zeólita NaY deve sofrer troca iônica com amônio (ou íons Terras Raras) para preparar a forma amônio/TR da zeólita que dará origem à forma ácida HY por calcinação.

de las zeolitas, afectando la selectividad de la reacción. Esas propiedades pueden tener un ajuste fino cuando las zeolitas están siendo sintetizadas, produciendo zeolitas específicas para cierta finalidad.

Como mencionado anteriormente, el componente zeolítico es el componente más importante en el catalizador de FCC, siendo capaz de proveer el catalizador tanto con la acidez como con la selectividad conveniente. En catalizadores de FCC, la zeolita empleada es faujasita, o antes, la estructura FAU. La razón Si/Al de la zeolita-Y preparada es una característica importante de ese material ya que cuanto más alta la razón Si/Al, más estable es la zeolita en relación a desaluminización ácida e hidrotérmica.

La zeolita es sintetizada en la forma sódica, que es una forma no-activa, ya que los sitios ácidos (sitios ácidos de Brønsted) responsables por la formación de carbocationes y por lo tanto reacciones de craqueo no están presentes. Así, la zeolita NaY debe sufrir intercambio iónico con amonio (o iones Tierras Raras) para preparar la forma amonio/TR de la zeolita que dará origen a la forma ácida HY por calcinación.

## ZEÓLITAS REY

A introdução de ELEMENTOS TERRAS RARAS no componente zeolítico, via troca iônica, seguida de uma etapa de calcinação, é uma das mais importantes modificações efetuadas no processo de preparação de catalisadores de FCC, já que ela aumenta tanto a estabilidade da zeólita quanto a atividade geral do catalisador<sup>9</sup>. Além disso, a calcinação promove a desaluminização da estrutura, mudando as características de acidez e de textura da zeólita.

Zeólitas com teores elevados de La e Ce, que foram calcinadas em presença de vapor ou não, foram estudadas usando o refinamento de estrutura de Rietveld<sup>13</sup>. Como representado na Figura 3, vários sítios cristalográficos podem ser encontrados na estrutura da zeólita-Y.

## ZEOLITAS REY

La introducción de ELEMENTOS TIERRAS RARAS en el componente zeolítico, vía intercambio iónico, seguida de una etapa de calcinación, es una de las más importantes modificaciones efectuadas en el proceso de preparación de catalizadores de FCC, ya que esta aumenta tanto la estabilidad de la zeólita como la actividad general del catalizador<sup>9</sup>. Además de eso, la calcinación promueve la desaluminización de la estructura, cambiando las características de acidez y de textura de la zeólita.

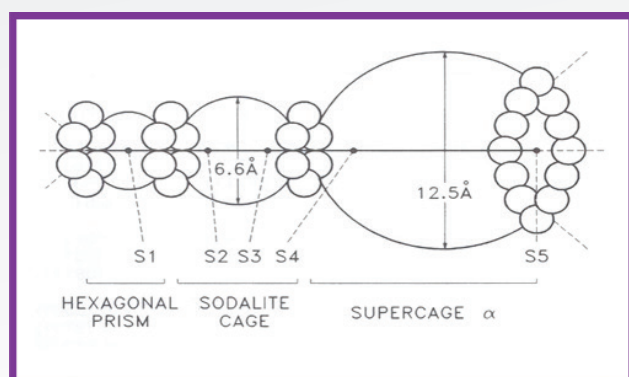
Zeolitas con tenores elevados de La y Ce, que fueron calcinadas en presencia de vapor o no, fueron estudiadas usando el refinamiento de estructura de Rietveld<sup>13</sup>. Como representado en la Figura 3, varios sitios cristalográficos pueden ser encontrados en la estructura de la zeólita-Y.

9. S. Al-Khattaf, Energy & Fuels 2003, 17, 62-68.

13. E. Falabella S.A. et al. Zeólitas, 1997, 18, 44-49.

### FIGURA 3 // FIGURA 3

Sítios cristalográficos para átomos não estruturais em zeólitas-Y  
Sítios cristalográficos para átomos no estructurales en zeólitas-Y



Hexagonal prism = prisma hexagonal; Sodalite Cage = Gaiola sodalita;  
Supercage  $\alpha$  = supergaiola  $\alpha$

Os resultados da Tabela 2 mostram que:

- Após troca iônica, TR são localizadas nos sítios 4 e 5 na supergaiola;
- No entanto, após calcinação, ocorre migração para a gaiola sodalita e prisma hexagonal;
- Essa migração ocorre não importa o tipo de átomo TR (La ou Ce).

Além disso,  $^{27}\text{Al}$ -MAS/NMR confirma que por calcinação está ocorrendo desaluminização; no entanto, não é observado o colapso da estrutura. De modo interessante, como relatado anteriormente<sup>14</sup>, a temperatura de colapso da estrutura aumenta com a introdução de TR, não importando o tipo de cátion TR introduzido (Figura 4).

Outra questão importante é relativa à acidez de zeólitas-Y contendo TR. Estudos<sup>15</sup> com zeólitas com o mesmo teor de diferentes cátions (La, Nd, Sm, Gd, Dy) verificaram que o raio iônico do cátion representa um papel importante na formação de sítios ácidos de Brønsted<sup>15</sup>.

14. E. Falabella S.A. et al. Journal of Alloys and Compounds, 2002, 344(1-2), 337-341.

15. E. Falabella S.A. et al. Microporous and Mesoporous Materials, 1998, 25, 25-34.

**TABELA 2 // TABLA 2**

Localização de diferentes cátions em sítios cristalográficos da estrutura da zeólita-Y (AC – antes da calcinação; DC – depois da calcinação)

Localización de diferentes cationes en sitios cristalográficos de la estructura de la zeólita-Y (AC – antes de la calcinación; DC – después de la calcinación)

S1	S2	S3	S4	S5	
	20,2 Na	32 H <sub>2</sub> O	0,8 La	5,0 La	A.C.
9,8 Al	10,4 La	32 H <sub>2</sub> O	20,2 Na		D.C.

Los resultados de la Tabla 2 muestran que:

- Después del intercambio iónico, TR son localizadas en los sitios 4 y 5 en la supercaja;
- Sin embargo, después de la calcinación, ocurre migración para la caja sodalita y prisma hexagonal;
- Esa migración ocurre no importa el tipo de átomo TR (La o Ce).

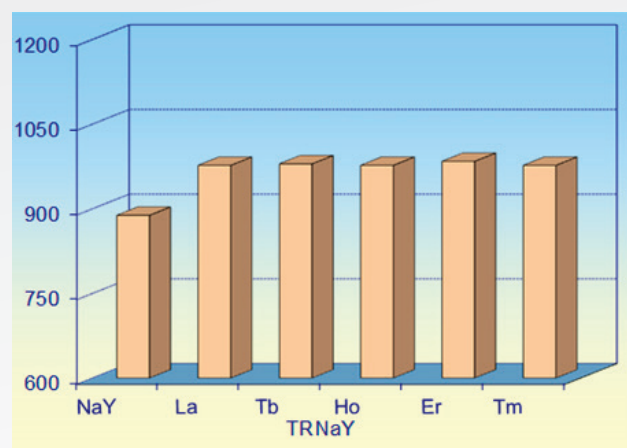
Además de eso,  $^{27}\text{Al}$ -MAS/NMR confirma que por calcinación está ocurriendo desaluminización; sin embargo, no es observado el colapso de la estructura. De modo interesante, como relatado anteriormente<sup>14</sup>, la temperatura de colapso de la estructura aumenta con la introducción de TR, no importando el tipo de cátion TR introducido (Figura 4).

Otra cuestión importante es relativa a la acidez de zeólitas-Y conteniendo TR. Estudios<sup>15</sup> con zeólitas con el mismo tenor de diferentes cationes (La, Nd, Sm, Gd, Dy) verificaron que el rayo iónico del cátion representa un papel importante en la formación de sitios ácidos de Brønsted<sup>15</sup>.

**FIGURA 4 // FIGURA 4**

Temperatura de colapso para zeólitas-Y trocadas com diferentes tipos de cátions TR.

Temperatura de colapso para zeólitas-Y intercambiadas con diferentes tipos de cationes TR.



O espectro de IR (região do OH) mostra claramente que a introdução de TR gera uma banda entre 3490-3530  $\text{cm}^{-1}$  (OH interagindo com TR). Essa banda sofre um deslocamento para números de onda mais altos à medida que o raio iônico aumenta.

Uma banda muito intensa entre 3496/3530  $\text{cm}^{-1}$  é atribuída à existência de grupos OH associados a cátions TR. Um deslocamento nesta banda após adsorção de PY (ou lutidina) é observado, o qual foi atribuído a um aumento na força ácida do OH associado a cátions de terras raras. De fato, é possível observar uma correlação linear entre o raio iônico do cátion de terra rara e o número de onda da banda.

Algumas conclusões muito interessantes podem ser tiradas desta série de experimentos e caracterização. De fato, por calcinação, as TR realmente migram para sítios mais internos. Uma vez posicionados no interior da gaiola sodalita e o prisma hexagonal, são formados grupos TR-O-TR. Esses grupos têm capacidade para estabilizar a estrutura zeolítica através da geração de pontes com os átomos de oxigênio

El espectro de IR (región del OH) muestra claramente que la introducción de TR genera una banda entre 3490-3530  $\text{cm}^{-1}$  (OH interaccionando con TR). Esa banda sufre un desplazamiento para números de onda más altos a la medida que el raio iónico aumenta.

Una banda muy intensa entre 3496/3530  $\text{cm}^{-1}$  es atribuida a la existencia de grupos OH asociados a cationes TR. Un desplazamiento en esta banda después de la adsorción de PY (o lutidina) es observado, lo cual fue atribuido a un aumento en la fuerza ácida del OH asociado a cationes de tierras raras. De hecho, es posible observar una correlación linear entre el raio iónico del catión de tierra rara y el número de onda de la banda.

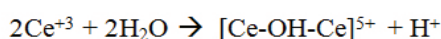
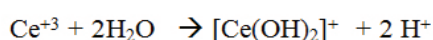
Algunas conclusiones muy interesantes se pueden sacar de esta serie de experimentos y caracterización. De hecho, por calcinación, las TR realmente emigran para sitios más internos. Una vez posicionados en el interior de la caja sodalita y el prisma hexagonal, son formados grupos TR-O-TR. Esos grupos tienen capacidad para estabilizar la estructura zeolítica a través de la generación de puentes con los átomos de oxígeno de la misma.

da mesma. Além disso, o grau de estabilização depende do grau de troca de TR (Figura 5).

Em relação à acidez, cátions TR(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> sofrem hidrólise por calcinação, gerando sítios ácidos de Brønsted. Essa reação de hidrólise permite que seja explicada a concentração de sítios ácidos mais elevada em zeólitas TRYC (TR-Y Calcinadas) e sua atividade mais alta. Os sítios de Brønsted parecem ser uma função do tipo de cátions TR introduzidos na zeólita.

Uma outra questão importante diz respeito à atividade. Artigos publicados anteriormente<sup>31-33</sup> também mostraram, usando o craqueamento de n-heptano como molécula sonda:

- Atividade depende do grau de troca iônica;
- Um máximo é atingido para 40% de troca com Na;
- Aparentemente as seguintes reações estão ocorrendo:

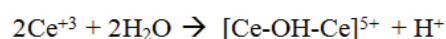
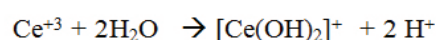


Además de eso, el grado de estabilización depende del grado de intercambio de TR (Figura 6).

En relación a la acidez, cationes TR(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> sufren hidrólisis por calcinación, generando sitios ácidos de Brønsted. Esa reacción de hidrólisis permite que sea explicada la concentración de sitios ácidos más elevada en zeólitas TRYC (TR-Y Calcinadas) y su actividad más alta. Los sitios de Brønsted parecen ser una función del tipo de cationes TR introducidos en la zeólita.

Una otra cuestión importante dice a respecto a la actividad. Artículos publicados anteriormente<sup>31-33</sup> también mostraron, usando el craqueo de n-heptano como molécula sonda:

- Actividad depende del grado de intercambio iónico;
- Un máximo es alcanzado para 40% de intercambio con Na;
- Aparentemente las siguientes reacciones están ocurriendo:



31. F. Lemos, F. Ramoa Ribeiro et al. Appl. Catal., 1988, 39, 227-237.

33. A. Mendes, J. Caeiro and F.R. Ribeiro, React. Kinet. Catal. Lett. 1989, 38(1), 175 - 180.

#### FIGURA 5 // FIGURA 5

Localização de diferentes cátions em sítios cristalográficos da estrutura da zeólita-Y (AC – antes da calcinação; DC – depois da calcinação)

Delta de los resultados de la comparación entre los catalizadores evaluados en las mismas condiciones operacionales<sup>2</sup>.

Estas reações explicam porque uma atividade máxima é atingida dependendo do grau de troca. No entanto, essa atividade máxima depende tanto do tipo de cátion TR como do tipo de reação modelo.

Em termos de craqueamento, a presença de TR na zeólita afeta a capacidade de transferência de hidrogênio. A reação de Transferência de Hidrogênio (HT), no processo de FCC, é muito importante já que:

- Ela compete com outras reações importantes como o próprio craqueamento, isomerização e alquilação;
- Ela transforma olefinas em parafinas, reduzindo o RON da gasolina;
- Ela é portanto determinante para a seletividade do processo.

A presença de TR aumenta a acidez de Brønsted, portanto TR afetam tanto a atividade como a seletividade. Quanto maior o raio iônico do átomo de TR, mais alta a acidez gerada na zeólita. Já que HT aumenta com a acidez aumentada da zeólita, quanto mais alto o raio

Estas reacciones explican porque una actividad máxima es alcanzada dependiendo del grado de intercambio. Sin embargo, esa actividad máxima depende tanto del tipo de catión TR como del tipo de reacción modelo.

En términos de craqueo, la presencia de TR en la zeolita afecta la capacidad de transferencia de hidrógeno. La reacción de Transferencia de Hidrógeno (HT), en el proceso de FCC, es muy importante ya que:

- Esta compete con otras reacciones importantes como el propio craqueo, isomerización y alquilación;
- Esta transforma olefinas en parafinas, reduciendo el RON de la gasolina;
- Esta es por lo tanto determinante para la selectividad del proceso.

La presencia de TR aumenta la acidez de Brønsted, por lo tanto TR afectan tanto la actividad como la selectividad. Cuanto mayor el rayo iónico del átomo de TR, más alta la acidez generada en la zeolita. Ya que HT aumenta con la acidez aumentada de la zeolita, cuanto más

atômico do átomo de TR, mais elevada será a HT. Em geral, TR favorece HT, reduzindo RON pela redução da concentração de olefinas na gasolina. No entanto, já que TR também afetam a estabilidade da zeólita, às vezes a avaliação pode ser equivocada. Igualmente, é preciso ter em mente que os resultados industriais mostram que TR parecem ter pouca influência sobre o MON da gasolina. Finalmente, vale a pena mencionar que Terras Raras também têm um papel importante na prevenção da desativação de metais já que elas constituem uma armadilha muito eficiente para Vanádio.

## CONCLUSÕES

Elementos Terras Raras constituem de fato um componente muito importante dos catalisadores de FCC. No entanto, Terras Raras estão enfrentando um problema terrível de aumento de preço e redução de disponibilidade<sup>10</sup>. Assim, tem sido pesquisada a remoção destes ingredientes da composição de catalisador de FCC. No entanto, a remoção total de elementos Terras Raras do componente zeolítico de um catalisador de FCC resultaria em um efeito detrimental considerável na maior parte das operações de FCC devido à atividade mais baixa e volume piorado de rendimento de produção, para não falar no problema de maior desativação por Vanádio.

Por esta razão, outros elementos como Ca e Cr foram ensaiados, sem resultados encorajadores.

Recentemente, produtores (Catalysts Technologies) anunciaram a comercialização bem sucedida de Catalisador para FCC com Zero/Baixo Teor de Terras Raras<sup>11</sup>. Deve-se

alto el rayo atômico del átomo de TR, más elevada será la HT. En general, TR favorece HT, reduciendo RON por la reducción de la concentración de olefinas en la gasolina. Sin embargo, ya que TR también afectan la estabilidad de la zeólita, a veces la evaluación puede ser equivocada. Igualmente, es necesario tener en mente que los resultados industriales muestran que TR parecen tener poca influencia sobre el MON de la gasolina. Finalmente, vale la pena mencionar que Tierras Raras también tienen un papel importante en la prevención de la desactivación de metales ya que estas constituyen una trampa muy eficiente para Vanadio.

## CONCLUSIONES

Elementos Tierras Raras constituyen de hecho un componente muy importante de los catalizadores de FCC. Sin embargo, Tierras Raras están enfrentando un problema terrible de aumento de precio y reducción de disponibilidad<sup>10</sup>. Así, ha sido investigada la remoción de estos ingredientes de la composición de catalizador de FCC. Sin embargo, la remoción total de elementos Tierras Raras del componente zeolítico de un catalizador de FCC resultaría en un efecto detrimental considerable en la mayor parte de las operaciones de FCC debido a la actividad más baja y volumen empeorado de rendimiento de producción, para no hablar en el problema de mayor desactivación por Vanadio.

Por esta razón, otros elementos como Ca y Cr fueron ensayados, sin resultados animadores.

Recentemente, productores (Catalysts Technologies) anunciaron la comercialización bien sucedida de Catalisador para FCC con Cero/Bajo Tenor de Tierras Raras<sup>11</sup>. Se debe

11. S. Csicsery, Pure & Appl. Chem., 1986, 58(6), 841-856.



ter em mente que algumas características especiais relativas a este catalisador devem estar presentes, tais como:

- Proporções muito altas de matrix seletiva;
- Alta acessibilidade;
- Altos níveis de zeólita para atividade aumentada;
- Alta razão sílica-alumina (SAR), que resulta em estabilidade superior da zeólita;
- Cargas de baixo teor de Vanádio.

tener en mente que algunas características especiales relativas a este catalizador deben estar presentes, tales como:

- Proporciones muy altas de matrix selectiva;
- Alta accesibilidad;
- Altos niveles de zeolita para actividad aumentada;
- Alta razón sílica-alúmina (SAR), que resulta en estabilidad superior de la zeolita;
- Cargas de bajo tenor de Vanadio.

## DADOS DO AUTOR DATOS DEL AUTOR



**Eduardo Falabella  
Sousa-Aguiar**

Prof. Eduardo Falabella Sousa-Aguiar, Engenheiro Químico, MSc, DSc, tem 40 anos de experiência no campo da catálise e dos processos catalíticos. Ele vem trabalhando na Universidade Federal do Rio de Janeiro por 35 anos, sendo atualmente Professor Titular do Departamento de Processos Orgânicos da Escola de Química, onde introduziu os cursos de Catálise e Refino de Petróleo. Foi pesquisador (Consultor Sênior) do Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES) por mais de 30 anos, onde coordenou os projetos de pesquisa em BTL/GTL/CTL no CENPES, tendo sido gerente da célula GTL, um grupo estruturado com o objetivo de desenvolver uma tecnologia GTL para Petrobras. Esteve envolvido em muitas atividades e projetos de pesquisa e passou considerável tempo como membro da equipe que transferiu a tecnologia de catalisadores de craqueamento da AKZO Nobel para a FCCSA. Trabalhou por certo período como pesquisador no Centro de Pesquisas da AKZO Nobel, em Amsterdã, na Universidade de Brunel, Reino Unido, na Universidade Técnica de Viena e na planta da Texas Ketjen, em Houston, EUA. Prof. Falabella é autor de mais de 300 trabalhos científicos nacionais e internacionais, tendo orientado mais de trinta teses de mestrado e doutorado. Foi ponto focal no Brasil do programa internacional CYTED, subprograma de Catalise Ambiental e atuou por 15 anos como consultor do ICS-UNIDO no campo de tecnologias limpas. Recentemente, foi convidado a integrar o Comitê Científico do ICS-UNIDO. Recebeu diversos prêmios, nacionais e internacionais, ao longo de sua trajetória profissional, por sua contribuição à Engenharia Química na América do Sul, em especial a área de petróleo e petroquímica. É frequentemente convidado como conferencista em muitos congressos e seminários, tendo sido conferencista plenário em Congressos Internacionais em 21 países.

Prof. Eduardo Falabella Sousa-Aguiar, Ingeniero Químico, MSc, DSc, tiene 40 años de experiencia en el campo de la catálisis y de los procesos catalíticos. Viene trabajando en la Universidad Federal de Rio de Janeiro por 35 años, siendo actualmente Profesor Titular del Departamento de Procesos Orgánicos de la Escuela de Química, donde introdujo los cursos de Catálisis y Refino de Petróleo. Fue investigador (Consultor Sênior) del Centro de Investigaciones de Petrobras (CENPES) por más de 30 años, donde coordinó los proyectos de investigación en BTL/GTL/CTL en CENPES, habiendo sido gerente de la célula GTL, un grupo estructurado con el objetivo de desarrollar una tecnología GTL para Petrobras. Estuvo involucrado en muchas actividades y proyectos de investigación y pasó considerable tiempo como miembro del equipo que transfirió la tecnología de catalizadores de craqueo de AKZO Nobel para FCCSA. Trabajó por cierto período como investigador en el Centro de investigaciones de AKZO Nobel, en Ámsterdam, en la Universidad de Brunel, Reino Unido, en la Universidad Técnica de Viena y en la planta de Texas Ketjen, en Houston, EUA. Prof. Falabella es autor de más de 300 trabajos científicos nacionales e internacionales, habiendo orientado más de treinta tesis de maestría y doctorado. Fue punto focal en Brasil del programa internacional CYTED, subprograma de Catálisis Ambiental y actuó por 15 años como consultor del ICS-UNIDO en el campo de tecnologías limpas. Recientemente, fue invitado a integrar el Comité Científico del ICS-UNIDO. Recibió diversos premios, nacionales e internacionales, a lo largo de su trayectoria profesional, por su contribución a la Ingeniería Química en Sudamérica, en especial al área de petróleo y petroquímica. es frecuentemente invitado como conferencista en muchos congresos y seminarios, habiendo sido conferencista plenario en Congressos Internacionales en 21 países.



**Novo catalisador da FCC S.A. de elevada acessibilidade, desenhado para cargas pesadas e/ou operações de short-contact-time.**

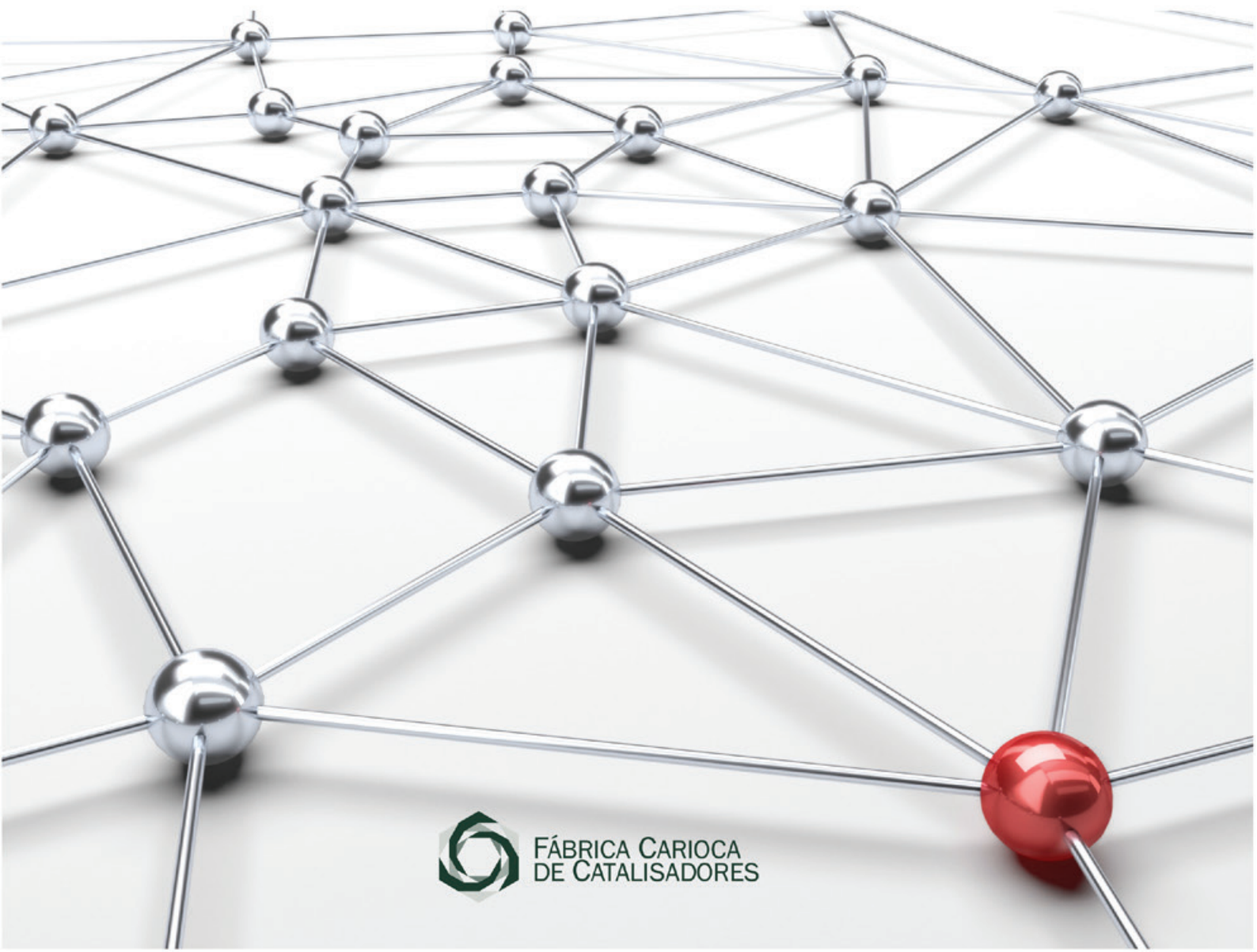
Nuevo catalizador de FCC S.A. de alta accesibilidad, diseñado para cargas pesadas y / o operaciones de bajo tiempo de contacto.

**Acessibilidade insuperável para uma melhor conversão de resíduos.**

Accesibilidad insuperable para una mejor conversión de residuos.

**Reduzida transferência de hidrogênio, resultando em elevada olefinicidade e octanagem, combinadas com altos rendimentos em gasolina.**

Reducida transferencia de hidrógeno, resultando en una elevada olefinicidad y octanaje, combinadas con altos rendimientos de gasolina.



**FÁBRICA CARIOCA  
DE CATALISADORES**



# Avaliação de Modelos de Curva de Ruptura para Troca Iônica da Zeólita Y

## INTRODUÇÃO

Uma das etapas mais importantes empregada no refino de petróleo é o processo de craqueamento catalítico em leito fluidizado. A principal característica deste processo é a conversão de frações pesadas do petróleo em produtos mais leves e, conseqüentemente, com maior valor agregado.

São utilizados catalisadores zeolíticos para promover as reações de quebra molecular, sendo um exemplo de catálise heterogênea. A zeólita do tipo Y é a principal zeólita utilizada para o craqueamento catalítico de frações do petróleo. Ela possui propriedades tais como: estrutura cristalina e tamanho de poros bem definidos, elevada área específica e alto grau de acidez. Inicialmente esta zeólita é sintetizada sob a forma de NaY, a qual não possui atividade catalítica ácida. Portanto, se faz necessário o processo de troca iônica, onde os cátions  $\text{Na}^+$  são substituídos por  $\text{NH}_4^+$ . O cátion  $\text{H}^+$ , que é o responsável pela atividade catalítica da zeólita, é fixado à estrutura após o processo de calcinação da zeólita, no qual o íon amônio se decompõe em amônia e  $\text{H}^+$ .

# Evaluación de Modelos de Curva de Ruptura para Intercambio Iónico de la Zeolita Y

## INTRODUCCIÓN

Una de las etapas más importantes utilizada en el refinado de petróleo es el proceso de craqueo catalítico en lecho fluidizado. La principal característica de este proceso es la conversión de fracciones pesadas del petróleo en productos más ligeros y, consecuentemente, con mayor valor agregado.

Son utilizados catalizadores zeolíticos para promover las reacciones de quiebra de moléculas, siendo un ejemplo de catálisis heterogénea. La zeolita del tipo Y es la principal zeolita utilizada para el craqueo catalítico de fracciones del petróleo. Esta posee propiedades tales como: estructura cristalina y tamaño de poros bien definidos, elevada área específica y alto grado de acidez. Inicialmente esta zeolita es sintetizada bajo la forma de NaY, la cual no posee actividad catalítica ácida. Por lo tanto, se hace necesario el proceso de intercambio iónico, donde los cationes  $\text{Na}^+$  son sustituidos por  $\text{NH}_4^+$ . El catión  $\text{H}^+$ , que es el responsable por la actividad catalítica de la zeolita, es fijado a la estructura después del proceso de calcinación de la zeolita, en el cual el ion amonio se descompone en amonio y  $\text{H}^+$ .



Uma das configurações utilizadas em larga escala para a troca iônica da zeólita NaY é a de reatores tanques de mistura seguidos de um sistema em leito fixo. Neste último, a zeólita é colocada num sistema de filtração do tipo esteira a vácuo, e após a formação de uma torta com certa porosidade, o sistema é alimentado com líquidos de troca iônica, normalmente soluções aquosas de cloreto de amônio e cloreto de terras raras. Os líquidos percolam a torta e, através da transferência de massa difusional nos poros, as espécies químicas de interesse são trocadas, removendo as espécies químicas indesejáveis, que no caso da NaY são os cátions  $\text{Na}^+$ . Através da aplicação de vácuo, remove-se o filtrado, e a zeólita trocada, permanece sob a forma de torta.

Sistemas de adsorção seguidos de troca iônica podem ter seu comportamento global representado por curva de ruptura. Ela mostra a saturação progressiva de um leito fixo pelo adsorbato utilizado. Modelos matemáticos são utilizados para descrever a curva de ruptura, devido à dinâmica de colunas de troca iônica. Através da utilização de modelos, otimizações no processo em escala industrial podem ser realizadas, tais como: diminuição do consumo das matérias primas e aumento da produção. A avaliação dos modelos foi o principal objetivo deste trabalho, e a validação dos modelos pode ser realizada por meio de levantamento de dados em escala laboratorial, preferencialmente em condições semelhantes às empregadas em plantas industriais.

Assim, foi avaliado o efeito da altura do leito de zeólita durante a troca iônica em coluna de leito fixo, empregando-se a zeólita NaY parcialmente trocada ( $\text{NaNH}_4\text{Y}$ ) em reatores tanques de

Una de las configuraciones utilizadas en larga escala para el intercambio iónico de la zeolita NaY es la de reactores tanques de mezcla seguidos de un sistema en lecho fijo. En este último, la zeolita es colocada en un sistema de filtración del tipo estera a vacío, y después de la formación de una torta con cierta porosidad, el sistema es alimentado con líquidos de intercambio iónico, normalmente soluciones acuosas de cloruro de amonio y cloruro de tierras raras. Los líquidos filtran la torta y, a través de la transferencia de masa difusional en los poros, las especies químicas de interés son intercambiadas, removiendo las especies químicas indeseables, que en el caso de la NaY son los cationes  $\text{Na}^+$ . A través de la aplicación de vacío, se remueve el filtrado, y la zeolita intercambiada, permanece bajo la forma de torta.

Sistemas de adsorción seguidos de intercambio iónico pueden tener su comportamiento global representado por curva de ruptura. Esta muestra la saturación progresiva de un lecho fijo por el adsorbato utilizado. Modelos matemáticos son utilizados para describir la curva de ruptura, debido a la dinámica de columnas de intercambio iónico. A través de la utilización de modelos, optimizaciones en el proceso en escala industrial pueden ser realizadas, tales como: disminución del consumo de las materias primas y aumento de la producción. La evaluación de los modelos fue el principal objetivo de este trabajo, y la validación de los modelos puede ser realizada por medio de levantamiento de datos en escala de laboratorio, preferencialmente en condiciones semejantes a las utilizadas en plantas industriales.

Así, fue evaluado el efecto de la altura del lecho de zeolita durante el intercambio iónico en columna de lecho fijo, utilizando la zeolita NaY parcialmente intercambiada ( $\text{NaNH}_4\text{Y}$ ) en reactores tanques

mistura. Baseado na literatura<sup>1</sup>, o presente trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas: levantamento das isotermas de adsorção, obtenção das curvas de ruptura em condições similares as do processo industrial e comparação entre as previsões dos modelos e os dados.

## EXPERIMENTAL

### Pré-Tratamento da Zeólita Y Parcialmente Trocada

A zeólita utilizada no presente trabalho foi cedida pela FCC S.A.. Trata-se de uma zeólita do tipo Y oriunda do processo de troca iônica parcial realizada em reatores de mistura, representando uma diminuição de 40 % em sua capacidade disponível de troca, ou seja, aproximadamente 28 % da capacidade total. Neste trabalho representaremos tal zeólita por  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . Inicialmente a zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  foi lavada com água destilada para remoção de íons amônios residuais da primeira etapa de troca iônica. O sólido recolhido foi levado à estufa a 105 °C durante 30 minutos para secagem.

### Caracterização da Zeólita $\text{NaNH}_4\text{Y}$

A composição química da  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  foi determinada por fluorescência de raios X, empregando um aparelho FRX Axios da Panalytical, operando a 50 kV e 125 mA. Para a determinação das propriedades texturais, as amostras em pó foram pré-tratadas a vácuo (6,7 Pa), a 300 °C por 1 h e empregou-se o método de adsorção de nitrogênio a -195,8 °C, em equipamento TRISTAR II Micromeritics. A distribuição de tamanhos de partículas foi obtida em difratômetro a laser da marca Malvern, modelo Mastersizer 2000, que caracteriza as partículas pelo diâmetro da esfera de mesmo volume que elas.

de mezcla. Basado en la literatura<sup>1</sup>, el presente trabajo fue desarrollado en las siguientes etapas: levantamiento de las isotermas de adsorción, obtención de las curvas de ruptura en condiciones similares a las del proceso industrial y comparación entre las previsiones de los modelos y los datos.

## EXPERIMENTAL

### Pre Tratamiento de la Zeólita Y Parcialmente Intercambiada

La zeólita utilizada en el presente trabajo fue cedida por FCC S.A.. Se trata de una zeólita del tipo Y oriunda del proceso de intercambio iónico parcial realizado en reactores de mezcla, representando una disminución de 40 % en su capacidad disponible de intercambio, o sea, aproximadamente 28 % de la capacidad total. En este trabajo representaremos tal zeólita por  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . Inicialmente la zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  fue lavada con agua destilada para remoción de iones amonios residuales de la primera etapa de intercambio iónico. El sólido recogido fue llevado a la estufa a 105 °C durante 30 minutos para secado.

### Caracterización de la Zeólita $\text{NaNH}_4\text{Y}$

La composición química de la  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  fue determinada por fluorescencia de rayos X, utilizando un aparato FRX Axios de Panalytical, operando a 50 kV y 125 mA. Para la determinación de las propiedades texturales, las muestras en polvo fueron pre tratadas a vacío (6,7 Pa), a 300 °C por 1 h y fue utilizado el método de adsorción de nitrógeno a -195,8 °C, en equipamiento TRISTAR II Micromeritics. La distribución de tamaños de partículas fue obtenida en difractor a laser de la marca Malvern, modelo Mastersizer 2000, que caracteriza las partículas por el diámetro de la esfera del mismo volumen que ellas.



## Equilíbrio de Troca Iônica

A adsorção, que é uma etapa intermediária do processo de troca iônica, foi estudada através das chamadas isotermas de adsorção. O método de imersão em volume finito, mais conhecido como banho finito, foi utilizado para obter as concentrações de equilíbrio. Os ensaios foram realizados em banho termostático (40 °C), usando-se o equipamento IKA®TS2 TEMPERIERBAD.

O procedimento experimental consistiu em secar e pesar a zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  e suspendê-la na solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , preparada a partir do cloreto de amônio P.A com 99,8 % de pureza. As isotermas de adsorção foram realizadas nas concentrações de 150, 300, 400, 600, 900, 1.200 e 1.600 ppm de amônio, onde o pH das soluções foram corrigidos para 4,5 com ácido clorídrico P.A. Todas as soluções, preparadas em diferentes concentrações, foram analisadas em espectrofotômetro Spectroquant® NOVA 60 (Merck) para confirmar a concentração de amônio desejada.

As alíquotas para análise espectrofotométrica foram retiradas 18 horas após o início do experimento. Ensaios preliminares mostraram que um tempo em torno de 18 horas era suficiente para alcançar o equilíbrio de troca iônica.

## Curvas de Ruptura

Os ensaios em coluna de leito fixo de zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  visaram determinar sua capacidade de troca iônica bem como avaliar o efeito da altura do leito sobre o processo. A unidade de

## Equilíbrio de Intercambio Iônico

La adsorción, que es una etapa intermediaria del proceso de intercambio iónico, fue estudiada a través de las llamadas isotermas de adsorción. El método de inmersión en volumen finito, más conocido como baño finito, fue utilizado para obtener las concentraciones de equilibrio. Los ensayos fueron realizados en baño termostático (40 °C), usando el equipamiento IKA®TS2 TEMPERIERBAD.

El procedimiento experimental consistió en secar y pesar la zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  y suspenderla en la solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , preparada a partir del cloruro de amonio P.A con 99,8% de pureza. Las isotermas de adsorción fueron realizadas en las concentraciones de 150, 300, 400, 600, 900, 1.200 y 1.600 ppm de amonio, donde el pH de las soluciones fueron corregidos para 4,5 con ácido clorhídrico P.A. Todas las soluciones, preparadas en diferentes concentraciones, fueron analizadas en espectrofotómetro Spectroquant® NOVA 60 (Merck) para confirmar la concentración de amonio deseada.

Las alícuotas para análisis espectrofotométrica fueron retiradas 18 horas después del inicio del experimento. Ensayos preliminares mostraron que un tiempo en torno a 18 horas era suficiente para alcanzar el equilibrio de intercambio iónico.

## Curvas de Ruptura

Los ensayos en columna de lecho fijo de zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$  buscaron determinar su capacidad de intercambio iónico así como evaluar el efecto de la altura del lecho sobre el proceso. La unidad de



laboratório utilizada para levantamento das curvas de ruptura é mostrada esquematicamente na Figura 1.

A solução de cloreto de amônio foi alimentada à coluna, com fluxo descendente e vazão de aproximadamente  $1 \text{ mL min}^{-1}$ , por meio de uma bomba peristáltica. A coluna utilizada foi uma bureta graduada, de 50 cm de comprimento e 1,1 cm de diâmetro interno. Foi fixado na coluna, por meio de anel do tipo o'ring, um meio filtrante de polipropileno cujo objetivo era suportar o leito de zeólita. Amostragens eram realizadas na saída da coluna, em intervalos conhecidos, para determinação da concentração de amônio até que a saturação da zeólita fosse conseguida e a solução na saída da coluna atingisse a concentração da alimentação.

A fim de avaliar os efeitos da altura da coluna na troca iônica em leito fixo, foram realizados ensaios a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  com soluções de cloreto de amônio com concentração de 300 ppm de amônio, vazão de  $1 \text{ mL min}^{-1}$  e pH 4,5. As condições operacionais em cada ensaio são mostradas na Tabela 1.

laboratorio utilizada para levantamiento de las curvas de ruptura se muestra esquemáticamente en la Figura 1.

La solución de cloruro de amonio fue alimentada a la columna, con flujo descendente y flujo de aproximadamente  $1 \text{ mL min}^{-1}$ , por medio de una bomba peristáltica. La columna utilizada fue una bureta graduada, de 50 cm de largo y 1,1 cm de diámetro interno. Fue fijado en la columna, por medio de anillo del tipo o'ring, un medio filtrante de polipropileno cuyo objetivo era soportar el lecho de zeolita. Muestreros eran realizados en la salida de la columna, en intervalos conocidos, para determinación de la concentración de amonio hasta que la saturación de la zeolita fuese conseguida y la solución en la salida de la columna alcanzase la concentración de la alimentación.

Con el fin de evaluar los efectos de la altura de la columna en el intercambio iónico en lecho fijo, fueron realizados ensayos a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  con soluciones de cloruro de amonio con concentración de 300 ppm de amonio, flujo de  $1 \text{ mL min}^{-1}$  y pH 4,5. Las condiciones operacionales en cada ensaio son mostradas en la Tabla 1.

FIGURA 1 // FIGURA 1

Diagrama esquemático da unidade experimental em leito fixo.  
Diagrama esquemático de la unidad experimental en lecho fijo.

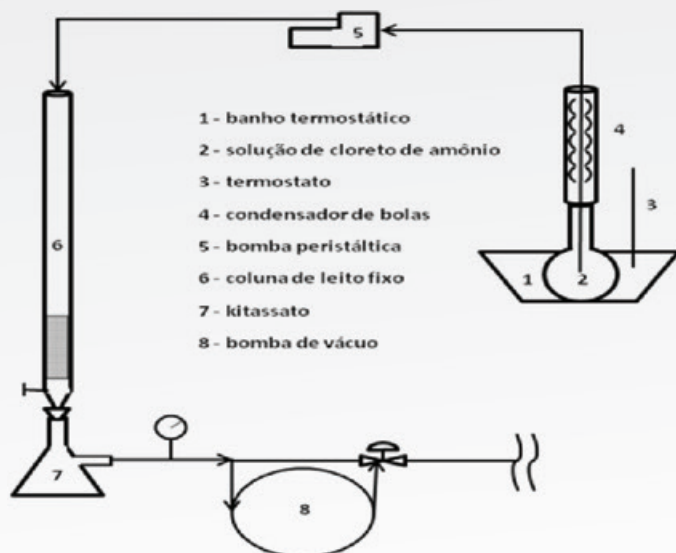


TABELA 1 // TABLA 1

Condições experimentais de troca iônica do íon  $\text{NH}_4^+$  em zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$   
Condiciones experimentales de intercambio iónico del íon  $\text{NH}_4^+$  en zeolita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$

	A	B	C
Altura do leito, cm Altura del lecho, cm	1,0	1,5	5,0
Massa de zeólita, g Masa de zeolita, g	0,8	1,2	4,0



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização da Zeólita NaNH<sub>4</sub>Y

A composição química das zeólitas NaY (não trocada) e NaNH<sub>4</sub>Y (parcialmente trocada) estão apresentadas na Tabela 2. As propriedades texturais são apresentadas na Tabela 3. As percentagens cumulativas para três tamanhos de partículas da zeólita NaNH<sub>4</sub>Y são fornecidas na Tabela 4.

### Equilíbrio de Troca Iônica

As condições experimentais dos ensaios de equilíbrio de troca iônica estão descritas na Tabela 5, e a concentração de equilíbrio no

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la Zeolita NaNH<sub>4</sub>Y

La composición química de las zeolitas NaY (no intercambiada) y NaNH<sub>4</sub>Y (parcialmente intercambiada) está presentada en la Tabla 2. Las propiedades texturales son presentadas en la Tabla 3. Los porcentajes acumulativos para tres tamaños de partículas de la zeolita NaNH<sub>4</sub>Y son presentados en la Tabla 4.

### Equilibrio de Intercambio Iónico

Las condiciones experimentales de los ensayos de equilibrio de intercambio iónico están descritas en la Tabla 5, y la concentración de equilibrio en

**TABELA 2 // TABLA 2**

Composição química das zeólitas.  
Composición química de las zeólitas.

	NaY	NaNH <sub>4</sub> Y
SiO <sub>2</sub> (%)	67,0	67,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	20,7	21,4
Na <sub>2</sub> O (%)	12,3	8,8
Na <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (molar)	0,98	0,68
NH <sub>4</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (molar)	0,00	0,3
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (molar)	5,5	5,6

**TABELA 3 // TABLA 3**

Análise textural da zeólita NaNH<sub>4</sub>Y.  
Análisis textural de la zeólita NaNH<sub>4</sub>Y.

	NaNH <sub>4</sub> Y
Área BET <sup>a</sup> (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	708
Área de Mesoporos (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	32
Volume de Microporos <sup>b</sup> (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ) Volumen de Microporos <sup>b</sup> (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	0,32
Tamanho Médio dos Poros <sup>c</sup> (Å) Tamaño Medio de los Poros <sup>c</sup> (Å)	15

<sup>a</sup> método BET; <sup>b</sup> método t-plot; <sup>c</sup> método BJH.

**TABELA 4 // TABLA 4**

Distribuição de tamanhos de partículas da zeólita NaNH<sub>4</sub>Y.  
Distribución de tamaños de partículas de la zeólita NaNH<sub>4</sub>Y.

Valores acumulativos	Tamanho médio Tamaño medio (µm)
10 % das partículas menor que 10 % de las partículas menor que	2,4
50 % das partículas menor que 50 % de las partículas menor que	10,8
90 % das partículas menor que 90 % de las partículas menor que	33,6

sólido foi calculada através da Equação 1:

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot V_{L,i} / M \quad (1)$$

onde,  $q_e$  ( $\text{mmol g}^{-1}$ ) é a concentração de amônio na fase sólida, no equilíbrio,  $C_e$  ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) é a concentração de amônio na fase líquida, no equilíbrio,  $C_0$  ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) é a concentração inicial de amônio na fase líquida,  $V_{L,i}$  (L) é o volume inicial de líquido e  $M$  (g) é a massa de zeólita.

A Figura 2 apresenta os dados de concentrações do íon amônio em equilíbrio na fase sólida ( $q_e$ ) e na fase líquida ( $C_e$ ) a  $40^\circ\text{C}$ , e os ajustes das isotermas de Langmuir e Freundlich.

sólido fue calculada a través de la Ecuación 1:

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot V_{L,i} / M \quad (1)$$

donde,  $q_e$  ( $\text{mmol g}^{-1}$ ) es la concentración de amonio en la fase sólida, en el equilibrio,  $C_e$  ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) es la concentración de amonio en la fase líquida, en el equilibrio,  $C_0$  ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) es la concentración inicial de amonio en la fase líquida,  $V_{L,i}$  (L) es el volumen inicial de líquido y  $M$  (g) es la masa de zeólita.

La Figura 2 presenta los datos de concentraciones del ion amonio en equilibrio en la fase sólida ( $q_e$ ) y en la fase líquida ( $C_e$ ) a  $40^\circ\text{C}$ , y los ajustes de las isotermas de Langmuir y Freundlich.

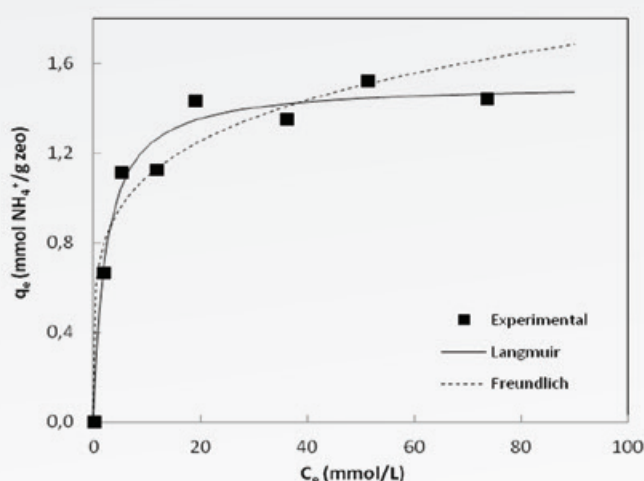
**TABELA 5 // TABLA 5**

Ensaio de Equilíbrio de Troca Iônica em Zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ .  
Ensayos de Equilibrio de Intercambio Iónico en Zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ .

	A	B	C	D	E	F	G
$C_0$	8,5	16,2	22,9	33,4	49,7	66,3	88,1
$C_e$	1,7	5,2	11,7	19,0	36,1	51,1	73,6
$q_e$	0,67	1,12	1,13	1,44	1,36	1,52	1,50

**FIGURA 2 // FIGURA 2**

Dados de equilíbrio de troca iônica e isotermas de Langmuir e Freundlich.  
Datos de equilibrio de intercambio iónico e isotermas de Langmuir y Freundlich.





Os modelos de Langmuir e Freundlich foram escolhidos para representar o equilíbrio do sistema estudado. O modelo de Langmuir ajustou melhor os dados experimentais e a capacidade máxima de troca iônica obtida foi  $1,52 \text{ mmol g}^{-1}$ , o que equivale a  $27,5 \text{ mg g}^{-1}$ .

### Curvas de Ruptura

A Figura 3 mostra o efeito da altura do leito sob as curvas de ruptura utilizando uma concentração de alimentação de  $300 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_4^+$  e vazões praticamente constantes ( $1,0 \text{ mL min}^{-1}$ ). Cabe ressaltar que sob vácuo a altura do leito não variou com o tempo.

Conforme esperado, maiores tempos de ruptura e saturação foram obtidos à medida que aumentou a altura do leito de zeólita. Leitos mais altos demoraram mais tempo para atingir a saturação<sup>2,3</sup>.

Los modelos de Langmuir y Freundlich fueron escogidos para representar el equilibrio del sistema estudiado. El modelo de Langmuir ajustó mejor los datos experimentales y la capacidad máxima de intercambio iónico obtenido fue  $1,52 \text{ mmol g}^{-1}$ , lo que equivale a  $27,5 \text{ mg g}^{-1}$ .

### Curvas de Ruptura

La Figura 3 muestra el efecto de la altura del lecho bajo las curvas de ruptura utilizando una concentración de alimentación de  $300 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_4^+$  y flujos prácticamente constantes ( $1,0 \text{ mL min}^{-1}$ ). Cabe resaltar que bajo vacío la altura del lecho no varió con el tiempo.

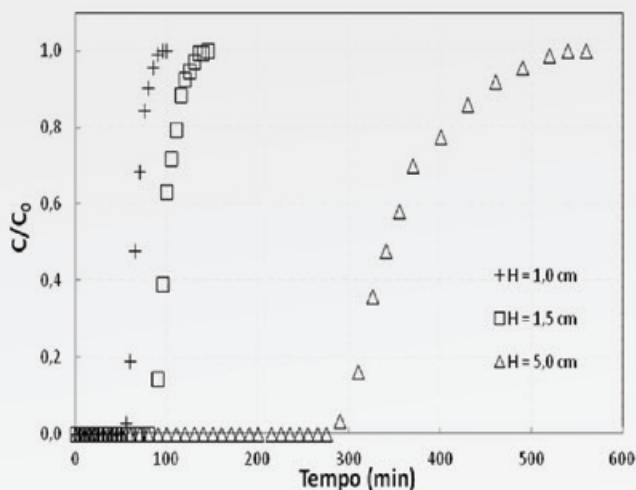
Conforme esperado, mayores tiempos de ruptura y saturación fueron obtenidos a medida que aumentó la altura del lecho de zeólita. Lechos más altos demoraron más tiempo para alcanzar la saturación<sup>2,3</sup>.

2. H. ZHENG, L. HAN, H. MA, Y. ZHENG, H. ZHANG, *Journal of Hazardous Materials*, 158 (2008) 577-584.  
 3. M. FARAJPOURLAR, S. M. RAO, V. B. RAO, *Journal of Environmental Science* 6 (2013) 01-06.

#### FIGURA 3 // FIGURA 3

Curvas de Ruptura: Efeito da altura do leito para uma concentração de  $300 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_4^+$ .

Curvas de Ruptura: Efecto de la altura del lecho para una concentración de  $300 \text{ ppm}$  de  $\text{NH}_4^+$ .



## Modelos de Curva de Ruptura

Os modelos de curva de ruptura foram avaliados com base nos dados obtidos. A Tabela 6 mostra resumidamente as equações dos modelos matemáticos que foram abordadas neste trabalho.

A partir das curvas de ruptura experimentais e das formas linearizadas dos referidos modelos, foram determinados os seus parâmetros. Nas Tabelas 7 a 10 estão apresentados os parâmetros obtidos no ajuste dos modelos de Bohart-Adams, Thomas, Yoon-Nelson e Wolborska, respectivamente, e seus coeficientes de determinação ( $R_2$ ).

A constante cinética do modelo de Bohart-Adams ( $K_{BA}$ ) decresce com o aumento da altura do leito. Não houve diferença significativa nos valores de capacidade de troca iônica cujo valor médio foi 1,56 mmol g<sup>-1</sup>.

## Modelos de Curva de Ruptura

Los modelos de curva de ruptura fueron evaluados basados en los datos obtenidos. La Tabla 6 muestra resumidamente las ecuaciones de los modelos matemáticos que fueron abordados en este trabajo.

A partir de las curvas de ruptura experimentales y de las formas linealizadas de los referidos modelos, fueron determinados sus parámetros. En las Tablas 7 a 10 están presentados los parámetros obtenidos en el ajuste de los modelos de Bohart-Adams, Thomas, Yoon-Nelson y Wolborska, respectivamente, y sus coeficientes de determinación ( $R_2$ ).

La constante cinética del modelo de Bohart-Adams ( $K_{BA}$ ) decrece con el aumento de la altura del lecho. No hubo diferencia significativa en los valores de capacidad de intercambio iónico cuyo valor medio fue 1,56 mmol g<sup>-1</sup>.

**TABELA 6 // TABLA 6**

Equações dos modelos de curva de ruptura e seus parâmetros.  
Ecuaciones de los modelos de curva de ruptura y sus parámetros.

Modelo Modelo	Equação Ecuación	Parâmetros Parámetros	Curva de Ruptura Curva de Ruptura
Bohart-Adams	$\ln \left( \frac{C_0}{C} - 1 \right) = \frac{K_{BA} \cdot q_{BA} \cdot H}{v} - K_{BA} \cdot C_0 \cdot t$	$K_{BA}, q_{BA}$	$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp \left[ \left( \frac{K_{BA} q_{BA} H}{v} \right) - (K_{BA} \cdot C_0 \cdot t) \right]}$
Thomas	$\ln \left( \frac{C_0}{C} - 1 \right) = \frac{K_{TH} \cdot q \cdot m}{Q} - K_{TH} \cdot C_0 \cdot t$	$K_{TH}, q$	$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + \exp \left[ \frac{K_{TH} \cdot q \cdot m}{Q} - K_{TH} \cdot C_0 \cdot t \right]}$
Yoon-Nelson	$\ln \left( \frac{C}{C_0 - C} \right) = K_{YN} \cdot (t - \tau)$	$K_{YN}, \tau$	$\frac{C}{C_0} = \frac{C_0 \cdot \exp[K_{YN} \cdot (t - \tau)]}{1 + \exp[K_{YN} \cdot (t - \tau)] \cdot C_0}$
<u>Wolborska</u>	$\ln \left( \frac{C}{C_0} \right) = \frac{\beta_a \cdot C_0 \cdot t}{q} - \frac{\beta_a \cdot H}{v}$	$\beta_a, q$	$\frac{C}{C_0} = \exp \left[ \frac{\beta_a \cdot C_0 \cdot t}{q} - \frac{\beta_a \cdot H}{v} \right]$



Houve uma diminuição para os valores da constante de velocidade do modelo de Thomas ( $K_{TH}$ ) com o aumento da altura do leito. Estudos similares ao avaliaram a troca iônica em zeólita, obtiveram comportamentos semelhantes<sup>2,4</sup>. As capacidades de troca iônica ( $q$ ) ficaram entre 1,45 a 1,64 mmol g<sup>-1</sup>, uma faixa relativamente estreita de valores. Foram obtidos bons coeficientes de determinação, entre 0,95 e 0,99. Os modelos de Bohart-Adams e Thomas são matematicamente equivalentes<sup>5</sup>. Isso explica a semelhança dos valores dos parâmetros  $K_{BA}$  e  $K_{TH}$  bem como os valores de  $q$ .

Hubo una disminución para los valores de la constante de velocidad del modelo de Thomas ( $K_{TH}$ ) con el aumento de la altura del lecho. Estudios similares al evaluar el intercambio iónico en zeólita, obtuvieron comportamientos semejantes<sup>2,4</sup>. Las capacidades de intercambio iónico ( $q$ ) quedaron entre 1,45 a 1,64 mmol g<sup>-1</sup>, un rango relativamente estrecho de valores. Fueron obtenidos coeficientes buenos de determinación, entre 0,95 y 0,99. Los modelos de Bohart-Adams y Thomas son matematicamente equivalentes<sup>5</sup>. Eso explica la semejanza de los valores de los parámetros  $K_{BA}$  e  $K_{TH}$  así como los valores de  $q$ .

2. H. ZHENG, L. HAN, H. MA, Y. ZHENG, H. ZHANG, *Journal of Hazardous Materials*, 158 (2008) 577-584.

4. M. TRGO, N. V. MEDVIDOVIC, J. PERIÉ, *Indian Journal of Chemical Technology*, 18 (2011) 123-131.5. M. FARAJPOURLAR, S. M. RAO, V. B. RAO, *Journal of Environmental Science* 6 (2013) 01-06.

5.K. H. CHU, *Journal of Hazardous Materials*, 177 (2010), 1006-1012.

**TABELA 7 // TABLA 7**

Parâmetros do modelo de Bohart-Adams.  
Parámetros del modelo de Bohart-Adams.

	A	B	C
$C_0$ (ppm)	300	300	300
H (cm)	1,0	1,5	5,0
Q (mL min <sup>-1</sup> )	1,13	1,18	0,97
$K_{BA}$ (L mmol <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	0,609	0,381	0,094
qBA (mmol L <sup>-1</sup> )	1.383,3	1.357,2	1.224,1
$\rho$ (g mL <sup>-1</sup> )	842,2	856,3	842,2
q (mmol g <sup>-1</sup> )	1,64	1,59	1,45
R <sup>2</sup>	0,952	0,989	0,969

**TABELA 8 // TABLA 8**

Parâmetros do modelo de Thomas.  
Parámetros del modelo de Thomas.

	A	B	C
$C_0$ (ppm)	300	300	300
H (cm)	1,0	1,5	5,0
Q (mL min <sup>-1</sup> )	1,13	1,18	0,97
$K_{TH}$ (L mmol <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	0,609	0,381	0,094
q (mmol g <sup>-1</sup> )	1,64	1,59	1,45
R <sup>2</sup>	0,952	0,989	0,969

Segundo o modelo de Yoon-Nelson, quanto maior a altura do leito menor o valor de  $K_{YN}$ . Outro parâmetro importante determinado pelo modelo de Yoon-Nelson é o  $\tau$  tempo no qual  $C/C_0 \approx 0,5$ . Quanto maior a altura do leito maior foi o valor de  $\tau$ . As capacidades de troca iônica ficaram entre 1,50 a 1,64 mmol g<sup>-1</sup>. Os coeficientes de determinação tiveram valor médio de 0,96.

Os coeficientes de determinação mostram que o modelo de Wolborska não ajustou os dados. Uma das possíveis causas pode estar relacionada à existência de dispersão axial de massa associada aos valores altos do parâmetro  $\beta_a$ . De acordo com a literatura<sup>6</sup>, o modelo é adequado apenas para valores de  $C/C_0 < 0,5$ .

Según el modelo de Yoon-Nelson, cuanto mayor es la altura del lecho menor es el valor de  $K_{YN}$ . Otro parámetro importante determinado por el modelo de Yoon-Nelson es el  $\tau$  tiempo en el cual  $C/C_0 \approx 0,5$ . Quanto mayor es la altura del lecho mayor fue el valor de  $\tau$ . Las capacidades de intercambio iónico quedaron entre 1,50 a 1,64 mmol g<sup>-1</sup>. Los coeficientes de determinación tuvieron valor medio de 0,96.

Los coeficientes de determinación muestran que el modelo de Wolborska no ajustó los datos. Una de las posibles causas puede estar relacionada a la existencia de dispersión axial de masa asociada a los altos valores del parámetro  $\beta_a$ . De acuerdo con la literatura<sup>6</sup>, el modelo es adecuado apenas para valores de  $C/C_0 < 0,5$ .

6. Z. AKSU, F. GONEN, Process Biochemistry, 39 (2004) 599-163.

**TABELA 9 // TABLA 9**

Parâmetros do modelo de Yoon-Nelson.  
Parámetros del modelo de Yoon-Nelson.

	A	B	C
$C_0$ (ppm)	300	300	300
H (cm)	1,0	1,5	5,0
Q (mL min <sup>-1</sup> )	1,13	1,18	0,97
$K_{YN}$ (h <sup>-1</sup> )	10,33	7,82	1,81
$\tau$ (h)	1,14	1,66	6,07
q (mmol g <sup>-1</sup> )	1,64	1,63	1,50
R <sup>2</sup>	0,952	0,974	0,944

**TABELA 10 // TABLA 10**

Parâmetros do modelo de Wolborska.  
Parámetros del modelo de Wolborska.

	A	B	C
$C_0$ (ppm)	300	300	300
H (cm)	1,0	1,5	5,0
Q (mL min <sup>-1</sup> )	1,13	1,18	0,97
$\beta_a$ (h <sup>-1</sup> )	136,9	137,2	21,7
Q (mmol L <sup>-1</sup> )	1.816,7	1.754,5	1.707,1
$\rho$ (g mL <sup>-1</sup> )	842,2	856,3	842,2
q (mmol g <sup>-1</sup> )	2,16	2,05	2,03
R <sup>2</sup>	0,757	0,783	0,792



Com os parâmetros calculados dos modelos, foram geradas as curvas de ruptura para cada modelo e comparadas às curvas experimentais. A Figura 4 apresenta as curvas de ruptura obtidas pelos modelos para alturas de leito de 1,0, 1,5 e 5,0 cm, respectivamente.

A Tabela 11 compara os tempos de saturação obtidos experimentalmente com os previstos pelos modelos de Bohart-Adams, Thomas, Yoon-Nelson e Wolborska para  $C/C_0 = 0,99$ .

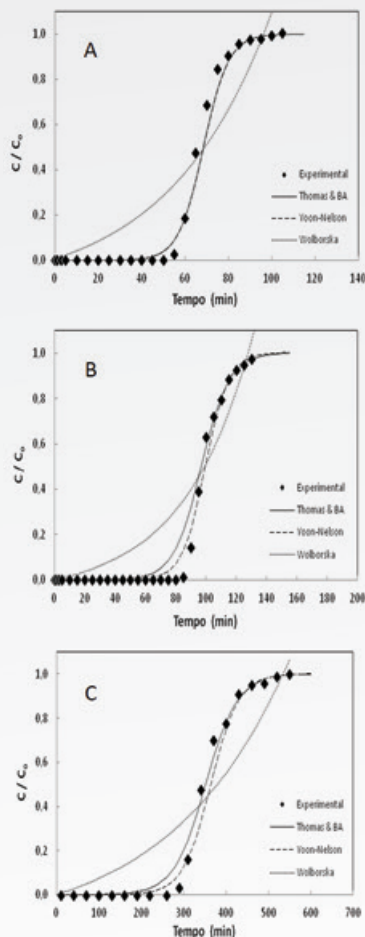
Con los parámetros calculados de los modelos, fueron generadas las curvas de ruptura para cada modelo y comparadas a las curvas experimentales. La Figura 4 presenta las curvas de ruptura obtenidas por los modelos para alturas de lecho de 1,0, 1,5 y 5,0 cm, respectivamente.

La Tabla 11 compara los tiempos de saturación obtenidos experimentalmente con los previstos por los modelos de Bohart-Adams, Thomas, Yoon-Nelson y Wolborska para  $C/C_0 = 0,99$ .

**FIGURA 4 // FIGURA 4**

Curvas de ruptura – dados experimentais versus previsão dos modelos para concentração de  $\text{NH}_4^+$  de 300 ppm e altura de leito de 1,0 cm (A), 1,5 cm (B) e 5,0 cm (C).

Curvas de ruptura – datos experimentales versus previsión de los modelos para concentración de  $\text{NH}_4^+$  de 300 ppm y altura de lecho de 1,0 cm (A), 1,5 cm (B) y 5,0 cm (C).



**TABELA 11 // TABLA 11**

Comparaçào dos tempos de saturaçào.

Comparación de los tiempos de saturación.

	Tempos de Saturação (min)		
	A	B	C
Experimental	100	135	520
Bohart-Adams	93	136	510
Thomas	93	136	510
Yoon-Nelson	93	132	504
Wolborska	96	128	532



Os modelos de Thomas e Bohart-Adams mostraram um desvio médio em relação aos dados de 3,2 %, enquanto os de Yoon-Nelson e Wolborska foram de 4,1 % e 3,8%, respectivamente. Conforme esperado, os menores tempos de saturação foram nas menores alturas de leito.

A capacidade de troca iônica do leito de zeólita pôde ser obtida através do balanço de massa de  $\text{NH}_4^+$  na coluna, a partir do monitoramento da concentração de saída em função do tempo. Para efetuar este cálculo é necessário garantir que a coluna esteja saturada, isto é, a

Los modelos de Thomas y Bohart-Adams mostraron un desvío medio en relación a los datos de 3,2%, mientras los de Yoon-Nelson y Wolborska fueron de 4,1% y 3,8%, respectivamente. Conforme esperado, los menores tiempos de saturación fueron en las menores alturas de lecho.

La capacidad de intercambio iónico del lecho de zeólita pudo ser obtenida a través del balanceo de masa de  $\text{NH}_4^+$  en la columna, a partir del monitoreo de la concentración de salida en función del tiempo. Para efectuar este cálculo es necesario garantizar que la columna esté saturada,



concentração na saída da coluna deve ser igual à concentração de alimentação<sup>7</sup>.

A capacidade de troca iônica da coluna é dada pela Equação 2:

$$q = \frac{C_0 Q}{1000 m} \int_0^{t_{\text{sat}}} \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) dt \quad (2)$$

onde,  $q$  é a concentração de equilíbrio dos íons amônio na zeólita ( $\text{mmol g}^{-1}$ ),  $m$  é a massa seca de zeólita (g),  $Q$  é a vazão volumétrica da solução ( $\text{mL min}^{-1}$ ),  $t_{\text{sat}}$  é o tempo de saturação em minutos,  $C$  é a concentração de amônio na saída da coluna ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) e  $C_0$  é a concentração de amônio na alimentação da coluna ( $\text{mmol L}^{-1}$ ).

A Tabela 12 apresenta as capacidades de troca iônica ( $q$ ) dos experimentos e as previstas pelos modelos para  $C/C_0 = 0,99$ . Devido ao ajuste ruim do modelo de Wolborska, o mesmo não teve sua capacidade de troca comparada aos demais.

es decir, la concentración en la salida de la columna debe ser igual a la concentración de alimentación<sup>7</sup>.

La capacidad de intercambio iónico de la columna es dada por la Ecuación 2:

$$q = \frac{C_0 Q}{1000 m} \int_0^{t_{\text{sat}}} \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) dt \quad (2)$$

donde,  $q$  es la concentración de equilibrio de los iones amonio en la zeólita ( $\text{mmol g}^{-1}$ ),  $m$  es la masa seca de zeólita (g),  $Q$  es el flujo volumétrico de la solución ( $\text{mL min}^{-1}$ ),  $t_{\text{sat}}$  es el tiempo de saturación en minutos,  $C$  es la concentración de amonio en la salida de la columna ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) y  $C_0$  es la concentración de amonio en la alimentación de la columna ( $\text{mmol L}^{-1}$ ).

La Tabla 12 presenta las capacidades de intercambio iónico ( $q$ ) de los experimentos y las previstas por los modelos para  $C/C_0 = 0,99$ . Debido al ajuste malo del modelo de Wolborska, el mismo no tuvo su capacidad de intercambio comparada a los demás.

7. I. C. OSTROSKI, M. BARROS, P. ARROYO, *Scientiarum Technology*, 33 (2011) 305-312.

**TABELA 12 // TABLA 12**

Comparação das capacidades de troca iônica.

Comparación de las capacidades de intercambio iónico.

	Capacidades de Troca Iônica ( $\text{mmol g}^{-1}$ ) Capacidades de Intercambio Iónico ( $\text{mmol g}^{-1}$ )		
	A	B	C
Experimental	1,61	1,64	1,48
Bohart-Adams	1,64	1,59	1,45
Thomas	1,64	1,59	1,45
Yoon-Nelson	1,64	1,63	1,50

As capacidades de troca obtidas pelos modelos ficaram próximas das experimentais, calculadas através da Equação 2. Enquanto os modelos de Thomas e Bohart-Adams resultaram em um desvio médio de 2,4 % em relação aos dados, o desvio médio para o modelo de Yoon-Nelson foi de 1,4 %. A capacidade de troca da coluna expressa em  $\text{mmol g}^{-1}$ , resultou, em princípio, a valores muito próximos para todos os experimentos. O valor médio foi de  $1,58 \text{ mmol g}^{-1}$ , que ficou próximo da capacidade máxima de troca ( $q_m$ ) obtida nos ensaios de equilíbrio de troca iônica ( $1,52 \text{ mmol g}^{-1}$ ).

A capacidade de troca catiônica (CTC) da zeólita NaY é  $3,90 \text{ meq g}^{-1}$ , onde a composição molar da cela unitária em base seca é  $\text{Na}_{51} \cdot [(\text{AlO}_2)_{51} \cdot (\text{SiO}_2)_{141}]^8$ . Portanto, foi possível comparar os valores de CTC experimentais e dos modelos com o teórico. Segundo a literatura <sup>9</sup>, 32 % de íons  $\text{Na}^+$  não podem ser substituídos na zeólita NaY cuja razão molar sílica-alumina (SAR) é de 5,6. Conforme já citado, cerca de 40 % do  $\text{Na}^+$  disponível para a troca na zeólita NaY foi trocado em reatores de mistura, a montante do ponto onde foram obtidas as amostras de zeólita, designada neste trabalho por  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . Assim, a capacidade de troca da zeólita utilizada é de  $3,9 \times (1 - 0,32) \times 0,6 = 1,59 \text{ mmol g}^{-1}$ , próxima das obtidas nos experimentos e das previstas pelos modelos.

## CONCLUSÕES

Os modelos de Bohart-Adams, Thomas e Yoon-Nelson mostraram-se os mais adequados a representação da curva de ruptura na troca iônica

Las capacidades de intercambio obtenidas por los modelos quedaron próximas de las experimentales, calculadas a través de la Ecuación 2. Mientras los modelos de Thomas y Bohart-Adams resultaron en un desvío medio de 2,4% en relación a los datos, el desvío medio para el modelo de Yoon-Nelson fue de 1,4%. La capacidad de intercambio de la columna expresada en  $\text{mmol g}^{-1}$ , resultó, en principio, a valores muy próximos para todos los experimentos. El valor medio fue de  $1,58 \text{ mmol g}^{-1}$ , que quedó próximo de la capacidad máxima de intercambio ( $q_m$ ) obtenida en los ensayos de equilibrio de intercambio iónico ( $1,52 \text{ mmol g}^{-1}$ ).

La capacidad de intercambio catiónico (CTC) de la zeólita NaY es  $3,90 \text{ meq g}^{-1}$ , donde la composición molar de la cela unitaria en base seca es  $\text{Na}_{51} \cdot [(\text{AlO}_2)_{51} \cdot (\text{SiO}_2)_{141}]^8$ . Por lo tanto, fue posible comparar los valores de CTC experimentales y de los modelos con el teórico. Según la literatura [9], 32% de iones  $\text{Na}^+$  no pueden ser sustituidos en la zeólita Y cuya razón molar sílice-alúmina (SAR) es de 5,6. Conforme ya citado, cerca de 40% del  $\text{Na}^+$  disponible para el intercambio en la zeólita NaY fue intercambiado en reactores de mezcla, a montante del punto donde fueron obtenidas las muestras de zeólita, designada en este trabajo por  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . Así, la capacidad de intercambio de la zeólita utilizada es de  $3,9 \times (1 - 0,32) \times 0,6 = 1,59 \text{ mmol g}^{-1}$ , próxima de las obtenidas en los experimentos y de las previstas por los modelos.

## CONCLUSIONES

Los modelos de Bohart-Adams, Thomas y Yoon-Nelson se mostraron los más adecuados a representación de la curva de ruptura en el

8. G. P. GIANNETTO, A. MONTES, G. RODRIGUEZ, Zeólitas: características, propiedades y aplicaciones industriales, Ed. Innovación Tecnológica – UCV, Caracas, 2000.

9. H. S. SHERRY, Ion Exchange, Handbook of Zeolite Science and Technology. Ed. Scott M. Auerbach, Kathleen A. Carrado & Prabir K. Dutta, New York, 2003.



da zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . O modelo de Wolborska não se ajustou aos dados, o que é explicado em termos dos altos valores de  $C/C_0$  utilizados neste trabalho. Os modelos de Bohart-Adams e Thomas são matematicamente equivalentes e, por essa razão geraram curvas de ruptura superpostas. As curvas de ruptura mostraram que quanto maior a altura do leito, maiores os tempos de ruptura e saturação. Os dados de equilíbrio de troca iônica obtidos foram bem descritos pela isoterma de Langmuir. Para os experimentos em leito fixo, as capacidades médias de troca de  $\text{Na}^+$  por  $\text{NH}_4^+$  foram de 1,61, 1,64 e 1,48  $\text{mmol g}^{-1}$  para alturas de leito de 1,0, 1,5 e 5,0 cm, respectivamente. Estes valores além de estarem próximos à capacidade de troca obtida no levantamento das isotermas corroboram que 28 % da troca iônica da zeólita utilizada já havia sido realizada.

intercambio iónico de la zeólita  $\text{NaNH}_4\text{Y}$ . El modelo de Wolborska no se ajustó a los datos, lo que es explicado en términos de los altos valores de  $C/C_0$  utilizados en este trabajo. Los modelos de Bohart-Adams y Thomas son matemáticamente equivalentes y, por esa razón generaron curvas de ruptura superpuestas. Las curvas de ruptura mostraron que cuanto mayor es la altura del lecho, mayores son los tiempos de ruptura y saturación. Los datos de equilibrio de intercambio iónico obtenidos fueron bien descritos por la isoterma de Langmuir. Para los experimentos en lecho fijo, las capacidades medias de intercambio de  $\text{Na}^+$  por  $\text{NH}_4^+$  fueron de 1,61, 1,64 y 1,48  $\text{mmol g}^{-1}$  para alturas de lecho de 1,0, 1,5 y 5,0 cm, respectivamente. Estos valores además de estar próximos a la capacidad de intercambio obtenida en el levantamiento de las isotermas corroboran que 28% del intercambio iónico de la zeólita utilizada ya había sido realizado.

Ricardo Vinícius Correia A. Silva é graduado em Engenharia Química pela UFRJ em 2005, Pós-Graduado em Engenharia de Processamento de Petróleo pela PUC-RJ em 2008 e Pós-Graduado em Química Ambiental pela UERJ em 2009. É Mestre em Ciências pelo Programa de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química/UFRJ – 2015. Atualmente Ricardo está fazendo MBA em Gestão Estratégica de Pessoas pela Universidade Estácio de Sá. Iniciou sua carreira profissional em 2005 estagiando na empresa Petroflex Indústria e Comércio, em 2006 trabalhou como supervisor na área de gestão ambiental da AmBev. Neste mesmo ano ingressou como Engenheiro de Processos na FCC S.A., atuando na otimização e acompanhamento de processos das áreas de Tratamento de Efluentes, Utilidades e Matérias-Primas. Já passou pela Unidade de Produção de Aluminas e atualmente é responsável pela Unidade de Produção de Zeólita. Participou recentemente do XXV Congresso Ibero Americano de Catálise e do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, onde teve seus trabalhos apresentados.

Ricardo Vinícius Correia A. Silva es graduado en Ingeniería Química por la UFRJ en 2005, Posgraduado en Ingeniería de Procesamiento de Petróleo por PUC-RJ en 2008 y Posgraduado en Química Ambiental pela UERJ en 2009. Es Master en Ciencias por el Programa de Tecnología de Procesos Químicos y Bioquímicos de la Escuela de Química/UFRJ – 2015. Actualmente Ricardo está haciendo MBA en Gestión Estratégica de Personas por la Universidad Estácio de Sá. Empezó su carrera profesional en 2005 haciendo práctica en la empresa Petroflex Indústria e Comércio, em 2006 trabajó como supervisor en el área de gestión ambiental da AmBev. En este mismo año ingresó como Ingeniero de Procesos en FCC S.A., actuando en la optimización y seguimiento de procesos de las áreas de Tratamiento de Efluentes, Utilidades y Materias Primas. Ya pasó por la Unidad de Producción de Aluminas y actualmente es responsable por la Unidad de Producción de Zeolita. Participó recientemente del XXV Congreso Ibero Americano de Catálisis y del XXI Congresso Brasileiro de Ingeniería Química, donde fueron presentados sus trabajos.

## DADOS DO AUTOR

## DATOS DEL AUTOR



**Ricardo Vinícius  
A. Silva**



## NOVA DIREÇÃO NA SUPERINTENDÊNCIA DA FCC S.A.

■ **Por: ALINE FONSECA - Analista de Marketing  
FCC S.A.**

Desde o início de Agosto de 2017, a FCC S.A. tem um novo diretor representante da acionista Petrobras na gestão da empresa, João Ricardo B. Lafraia.

Os 30 anos de sua trajetória profissional foram em grande parte envolvida com refinarias da Petrobras, passando por seis refinarias no Brasil e pela sede da Petrobras. Presidente da ABRAMAN, aonde atualmente ocupa o cargo de conselheiro de Administração. Participante ativo do meio acadêmico e literário, como professor de Universidades e autor de alguns livros.

A seguir, conheça um pouco mais sobre o nosso novo Diretor, seus pensamentos frente aos próximos desafios no controle da FCC S.A.

### **1 - Como você avalia o relacionamento das refinarias da Petrobras com a nossa empresa e que vantagens você vê nesse relacionamento?**

*A FCC SA é uma joint-venture da Petrobras e da Albemarle Corporation. Por um lado a Petrobras como uma operadora de refino de petróleo e do outro a Albemarle como uma fabricante de alta tecnologia. A junção desses dois gigantes mundiais nos traz um aprendizado operacional e estratégico que reflete na qualidade dos produtos e serviços que ofertamos aos nossos clientes.*

## NUEVA DIRECCIÓN EN LA SUPERINTENDENCIA DE FCC S.A.

■ **Por: ALINE FONSECA - Analista de Marketing  
FCC S.A.**

Desde el inicio de Agosto de 2017, FCC S.A. tiene un nuevo director representante de la accionista Petrobras en la gestión de la empresa, João Ricardo B. Lafraia.

Los 30 años de su trayectoria profesional fueron en gran parte involucrada con refinerías de Petrobras, pasando por seis refinerías en Brasil y por la sede de Petrobras. Presidente de ABRAMAN, donde actualmente ocupa el cargo de consejero de Administración. Participante activo del medio académico y literario, como profesor de Universidades y autor de algunos libros.

A seguir, conozca un poco más sobre nuestro nuevo Director, sus pensamientos frente a los próximos desafíos en el control de FCC S.A.

### **1 - ¿Cómo evalúa la relación de las refinarias de Petrobras con nuestra empresa y que ventajas ve en esa relación?**

*FCC SA es una joint-venture de Petrobras y de Albemarle Corporation. Por un lado Petrobras como una operadora de refino de petróleo y del otro Albemarle como una fabricante de alta tecnología. La unión de estos dos gigantes mundiales nos trae un aprendizaje operacional y estratégico que refleja en la calidad de los productos y servicios que ofertamos a nuestros clientes.*



*Nossa proximidade com a Petrobras, como acionista e cliente, proporciona uma grande eficácia na assistência que prestamos às refinarias, necessária para que ela opere bem e tenha cada vez mais rentabilidade em seu negócio. Além disso, nos dá know-how para oferecer para as refinarias da América do Sul a expertise que os outros fabricantes de catalisador não têm que é estar ligado a uma empresa petroleira, que produz derivados de petróleo, usando o seu catalisador.*

*Além disso, a FCC S.A. fornece um serviço de logística de primeira, prestando assistência através do nosso TCM (Total Catalyst Management) – sistema da FCC S.A. que otimiza nossas operações logísticas por meio do controle de estoque do cliente em tempo real – um trabalho diferenciado que a empresa presta para a Petrobras e que traz muitos ganhos e valor para ela enquanto cliente e isso se transforma em valor como acionista.*

*Toda essa expertise se transforma em casos de sucesso para oferecermos um serviço diferenciado que outros países da América do Sul demandam.*

## **2 – Existe alguma outra vantagem que podemos oferecer aos clientes da América do Sul por sermos uma joint-venture deste nível?**

*O trabalho que a FCC S.A. exerce no Brasil com a Petrobras agrega muito valor em termos de conhecimento e expertise para implementações na América do Sul.*

*Nosso propósito é não só ofertar para nossos clientes catalisadores e aditivos de qualidade como também um forte conhecimento do negócio, a logística de entrega de produtos que mais atende a cada refinaria, o atendimento pós-venda, acompanhamentos de performance dentre outros.*

*Nuestra proximidad con Petrobras, como accionista y cliente, proporciona una gran eficacia en la asistencia que prestamos a las refinarias, necesaria para que esta opere bien y tenga cada vez más rentabilidad en su negocio. Además, nos da know-how para ofrecer para las refinarias de América del Sur la experiencia que los otros fabricantes de catalizador no tienen que es estar ligado a una empresa petrolera, que produce derivados de petróleo, usando su catalizador.*

*Además, FCC S.A. provee un servicio de logística de primera, prestando asistencia a través de nuestro TCM (Total Catalyst Management) – sistema de FCC S.A. que optimiza nuestras operaciones logísticas por medio del control de stock del cliente en tiempo real – un trabajo diferenciado que la empresa presta para Petrobras y que trae muchas ganancias y valor para esta como cliente y eso se transforma en valor como accionista.*

*Toda esa experiencia se transforma en casos de éxito para ofrecer un servicio diferenciado que otros países de Sudamérica demandan.*

## **2 – ¿Existe alguna otra ventaja que podemos ofrecer a los clientes de Sudamérica por ser una joint-venture de este nivel?**

*El trabajo que FCC S.A. ejerce en Brasil con Petrobras agrega mucho valor en términos de conocimiento y experiencia para implementaciones en Sudamérica.*

*Nuestro propósito no es sólo ofrecer para nuestros clientes catalisadores y aditivos de calidad como también un fuerte conocimiento del negocio, la logística de entrega de productos que más atiende a cada refinaria, la atención post venta, seguimientos de performance de entre otros.*



*Por outro lado, a expertise da Albemarle, com uma forte fonte de pesquisa, associada ao Centro de Pesquisa da Petrobras – o CENPES – traz credibilidade à FCC S.A. na busca constante de novos produtos que atendam as mais variadas necessidades de nossos clientes.*

### **3 - Como esta parceria tecnológica pode trazer cada vez mais inovação nos produtos e serviços oferecidos pela FCC S.A.?**

*Tendo presença global, a Albemarle está atenta ao mercado de forma completa, tendo acesso a tudo que acontece com as refinarias de todo o mundo e isso imediatamente é transformado em ideias tecnológicas para a FCC S.A. e que acaba repercutindo diretamente em nossos clientes através de novas linhas de pesquisas, novos produtos e serviços entre outros. Este diferencial ecoa uma vantagem competitiva para a FCC S.A. única.*

### **4 - Você como novo Diretor Superintendente da FCC S.A., que prioridades serão tomadas no quesito atendimento ao cliente?**

*Entender bem quais as necessidades dos clientes e como podemos desdobrar isso em processos robustos, recuperando o Market Share da América do Sul, que nos últimos anos a FCC S.A., por motivos diversos, acabou abrindo uma brecha para que os outros fabricantes de catalisadores eventualmente aproveitassem. Entender junto com os refinadores o motivo desta perda e trabalhar arduamente para voltarmos a ser um player significativo da América do Sul.*

*Buscar uma presença maior no mercado latino-americano, passar a percepção de proximidade ao cliente e oferecer o mesmo pacote de valor que usamos nas refinarias do Brasil nos clientes internacionais será o nosso maior foco nos próximos anos.*

*Somos a primeira e única fábrica de catalisadores na América do Sul e isso, por si só, já é um di-*

*Por otro lado, la experiencia de Albemarle, con una fuerte fuente de investigación, asociada al Centro de Investigación de Petrobras – CENPES – trae credibilidad a FCC S.A. en la búsqueda constante de nuevos productos que atiendan a las más variadas necesidades de nuestros clientes.*

### **3 - ¿Cómo esta sociedad tecnológica puede traer cada vez más innovación a los productos y servicios ofrecidos por FCC S.A.?**

*Teniendo presencia global, Albemarle está atenta al mercado de forma completa, teniendo acceso a todo lo que ocurre con las refinarias de todo el mundo y eso inmediatamente es transformado en ideas tecnológicas para FCC S.A. y que acaba repercutiendo directamente en nuestros clientes a través de nuevas líneas de investigación, nuevos productos y servicios entre otros. Este diferencial representa una ventaja competitiva única para FCC S.A..*

### **4 - Como nuevo Director Superintendente de FCC S.A., ¿que prioridades serán tomadas con relación a la atención al cliente?**

*Entender bien cuales son las necesidades de los clientes y como podemos desdobrar eso en procesos robustos, recuperando el Market Share de Sudamérica, que en los últimos años FCC S.A., por motivos diversos, acabó abriendo una brecha para que los otros fabricantes de catalisadores eventualmente se aprovechasen. Entender junto con los refinadores el motivo de esta pérdida y trabajar arduamente para volver a ser un player significativo de Sudamérica.*

*Buscar una presencia mayor en el mercado latinoamericano, pasar la percepción de proximidad al cliente y ofrecer el mismo paquete de valor que usamos en las refinarias de Brasil en los clientes internacionales será nuestro mayor foco en los próximos años.*

*Somos la primera y única fábrica de catalisadores en Sudamérica y eso, por sí solo, ya es un*



*ferencial que ajudará na conquista de mais mercados. Atendemos a refinarias no Brasil que são mais distantes do que refinarias internacionais, em termos de localização.*

*Não é à toa que o percentual de satisfação na última pesquisa no condutor logístico foi de 93% de satisfação. Isso demonstra que a distância não é um impeditivo, pelo contrário.*

#### **5 – No seu ponto de vista, que desafios são esperados para o mercado de catalisadores e aditivos?**

*No curto prazo, a competitividade em função da queda do preço do petróleo, coloca todo o negócio em um contexto com margem menor e isso pressiona o mercado por um preço mais competitivo no mundo inteiro.*

*No médio/longo prazo, encontrar uma solução para o aumento na oferta de energias alternativas. Como vai afetar o negócio de derivados de petróleo e qual a solução que os fabricantes de catalisador vão ter que dar para que a gente continue atendendo a essas necessidades. Num futuro não tão próximo as refinarias continuarão existindo, porém voltadas para diferentes demandas de mercado, como por exemplo, substituindo a demanda de combustíveis insumos direcionados à indústria de transformação, plásticos entre outros. Com isso, para seguir a demanda do mercado, teremos que reformular o nosso catalisador para que a indústria do petróleo continue sendo competitiva.*

#### **6 - Como você vê a tendência na demanda de catalisadores e aditivos no mercado de atuação da FCC S.A. para os próximos anos na América do Sul?**

*Prevejo um cenário positivo. Espero que os investimentos no Brasil e em outros países da América do Sul voltem a aumentar. Além disso, esses países estão começando a dar sinal de retomadas na economia e, com isso, o*

*diferencial que ajudará en la conquista de más mercados. Atendemos refinarias en Brasil que son más distantes que refinarias internacionales, en términos de localización.*

*No es de extrañar que el porcentaje de satisfacción en la última encuesta en el conductor logístico fue de 93% de satisfacción. Eso demuestra que la distancia no es un impeditivo, y si al contrario.*

#### **5 – En su punto de vista, ¿qué desafíos son esperados para el mercado de catalisadores y aditivos?**

*A corto plazo, la competitividad en función de la caída del precio del petróleo, coloca todo el negocio en un contexto con margen menor y eso presiona el mercado por un precio más competitivo en el mundo entero.*

*A medio/largo plazo, encontrar una solución para el aumento en la oferta de energías alternativas. Cómo va a afectar el negocio de derivados de petróleo y cuál es la solución que los fabricantes de catalisador van a tener que dar para que continuemos atendiendo a esas necesidades. En un futuro no tan próximo a las refinarias continuarán existiendo, pero dirigidas para diferentes demandas de mercado, como por ejemplo, sustituyendo la demanda de combustibles insumos dirigidos a la industria de transformación, plásticos entre otros. Con eso, para seguir la demanda del mercado, tendremos que reformular nuestro catalisador para que la industria de petróleo continúe siendo competitiva.*

#### **6 - ¿Cómo ve la tendencia en la demanda de catalisadores y aditivos en el mercado de actuación de FCC S.A. para los próximos años en Sudamérica?**

*Preveo un escenario positivo. Espero que las inversiones en Brasil y en otros países de Sudamérica vuelvan a aumentar. Además, esos países están empezando a dar señal de retomadas en la economía y, con eso, el*

*crescimento industrial. Isto demanda energia, especialmente a energia de combustíveis líquidos, seja através de transporte ou da geração de energia. E isso faz com que a demanda de catalisador aumente também e precisamos estar preparados para isso, seja pela disponibilidade de nossas plantas ou através de negócios com a própria Albemarle que possa suprir esse mercado, se for necessário.*

### **7 - Em caso de alta procura de catalisadores e aditivos, qual a estratégia da FCC S.A para atender às refinarias?**

*Pode ter suprimento por aumento da eficiência, investimento na planta ou através da sinergia com as plantas da Albemarle.*

*A grande sinergia que temos com a Albemarle em atender aos clientes de forma global faz com que, se o mercado crescer muito a curto prazo, não traga percepção negativa ao cliente. Por sermos uma joint-venture, se houver aumento de demanda estaremos preparados.*

*Além disso, temos parcerias com plantas-pilotos e instituições tecnológicas onde uma equipe de especialistas trabalha constantemente outras formulações que possam ser mais econômicas no ponto de vista produtivo e que pode resultar em melhoria do processo.*

*A estratégia irá depender do grau de mudança do mercado e de como irá se comportar daqui pra frente.*

### **8 - Quais as estratégias da FCC S.A. para atender os clientes com preço e qualidade competitivos?**

*Nosso produto é um produto diferenciado pela proximidade que temos com os nossos clientes. O preço é importante, junto com o rendimento do produto. Porém é o desempenho do nosso produto na planta do cliente que traz maior valor para seu processo.*

*crecimiento industrial. Esto demanda energía, especialmente la energía de combustibles líquidos, sea a través de transporte o de la generación de energía. Y eso hace con que la demanda de catalizador aumente también y necesitamos estar preparados para eso, sea por la disponibilidad de nuestras plantas o a través de negocios con la propia Albemarle que pueda suplir ese mercado, si fuera necesario.*

### **7 - En caso de alta procura de catalisadores y aditivos, ¿cuál es la estrategia de FCC S.A. para atender a las refinarias?**

*Puede haber suplemento por aumento de la eficiencia, inversión en la planta o a través de la sinergia con las plantas de Albemarle.*

*La gran sinergia que tenemos con Albemarle en atender a los clientes de forma global hace con que, si el mercado crece mucho a corto plazo, no traiga percepción negativa al cliente. Por ser una joint-venture, si hubiera aumento de demanda estaremos preparados.*

*Además, tenemos sociedades con plantas pilotos e instituciones tecnológicas donde un equipo de especialistas trabaja constantemente otras formulaciones que puedan ser más económicas en el punto de vista produtivo y que puede resultar en mejora del proceso.*

*La estrategia dependerá del grado de cambio del mercado y de como se comportará de aquí en adelante.*

### **8 - ¿Cuáles son las estrategias de FCC S.A. para atender a los clientes con precio y calidad competitivos?**

*Nuestro producto es un producto diferenciado por la proximidad que tenemos con nuestros clientes. El precio es importante, junto con el rendimiento del producto. Sin embargo es el desempeño de nuestro producto en la planta del cliente que trae mayor valor para su proceso.*



*Nossa intenção não é fazer um catalizador com custo maior do que seja necessário. Nosso foco está na redução das perdas internas para nos trazer cada vez mais competitividade.*

*Outra estratégia adotada é estar junto do cliente no sentido de fornecer uma solução completa fazendo com que o cliente consiga captar maior valor no seu processo, seja isso através da gestão do silo, gestão da logística e de todas as variáveis que se propõe. A proximidade com o cliente é nossa maior estratégia.*

*Nosso maior foco neste quesito não é competir em cima de custos e sim ofertar um pacote de alto valor agregado aos nossos clientes.*

### **9 - De que forma os clientes da FCC S.A. se beneficiam deste pacote de alto valor agregado que a empresa oferece?**

*Quando falamos em agregar valor, podemos começar na oferta de produtos de alta tecnologia, onde os fabricantes acabam trazendo a melhor solução para o negócio do cliente.*

*Na FCC S.A., ao invés de fornecermos somente uma solução, que seria simplesmente a oferta de produtos, também agregamos as melhores soluções na oferta de serviços que trazem muitos benefícios ao negócio do cliente. No ponto de vista tecnológico do produto podemos dizer que entender o que o cliente está pedindo já faz parte do nosso trabalho, e se antecipar ao que realmente o cliente está precisando para sua refinaria. Mas existe outro lado que não é só o produto, mas toda a cadeia de prestação de serviços para o cliente, a logística de entrega, as reformulações, os produtos que são necessários para acompanhamento e desempenho do catalizador na planta, eventualmente os serviços de retirada de catalizador dos inventários, atendimento às questões ambientais e legislações específicas que a FCC S.A. usufrui.*

*Nuestra intención no es hacer un catalizador con coste mayor del que sea necesario. Nuestro foco está en la reducción de las pérdidas internas para traernos cada vez más competitividad.*

*Otra estrategia adoptada es estar junto del cliente en el sentido de proveer una solución completa haciendo con que el cliente consiga captar mayor valor en su proceso, sea eso a través de la gestión del silo, gestión de la logística y de todas las variables que se propone. La proximidad con el cliente es nuestra mayor estrategia.*

*Nuestro mayor foco en esta cuestión no es competir encima de costes y sí ofrecer un paquete de alto valor agregado a nuestros clientes.*

### **9 - ¿De que forma los clientes de FCC S.A. se benefician de este paquete de alto valor agregado que la empresa ofrece?**

*Quando hablamos en agregar valor, podemos comenzar en la oferta de productos de alta tecnología, donde los fabricantes acabam trayendo la mejor solución para el negocio del cliente.*

*En FCC S.A., al contrario de proveer solamente una solución, que sería simplemente la oferta de productos, también agregamos las mejores soluciones en la oferta de servicios que traen muchos beneficios al negocio del cliente. Por el punto de vista tecnológico del producto podemos decir que entender lo que el cliente está pidiendo ya forma parte de nuestro trabajo, y anticiparse a lo que realmente el cliente está necesitando para su refinaria. Pero existe otro lado que no es sólo el producto, sino toda la cadena de prestación de servicios para el cliente, la logística de entrega, las reformulaciones, los productos que son necesarios para seguimiento y desempeño del catalizador en la planta, eventualmente los servicios de retirada de catalizador de los inventarios, atención a las cuestiones ambientales y legislaciones específicas que FCC S.A. usa.*

*Além disso, tem a questão distância geográfica. A FCC S.A. está na América do Sul, tem uma planta próxima e isso se transforma em um diferencial competitivo muito grande, pois acaba reduzindo os custos do cliente com frete, evita problemas com a distancia quando necessita-se de imediata assistência técnica, entre outras notoriedades.*

**10- Quando falamos em distância geográfica, além dos diferenciais apontados acima, que outras ferramentas a FCC S.A. dispõe para atender aos clientes de forma similar?**

*Possuímos um sistema – o TCM – que possibilita o monitoramento dos silos de catalizador virgem e de equilíbrio em tempo real. É um sistema remoto, via web, acessível em qualquer parte do mundo, que viabiliza este processo, integrando a cadeia logística aos processos industriais e comerciais da FCC S.A.*

*O TCM é uma inovação tecnológica oferecida exclusivamente pela FCC S.A. no mercado de catalisadores para craqueamento de petróleo, que permite a troca de informações entre as refinarias-cliente e a nossa empresa, equacionando problemas como níveis altos de estoque tanto no produtor, como no mercado; custos elevados de distribuição e mão-de-obra. Trata-se de um serviço único de reposição automática de catalisadores, realizado no Brasil e em fase de implantação no exterior, considerado “benchmark” entre grandes profissionais da área de logística, gerador de alto nível de satisfação entre os clientes.*

*A FCC S.A. antecipa-se às necessidades de seus clientes, integrando-se diretamente ao seu processo produtivo.*

*Esta ferramenta faz parte do pacote de alto valor agregado que ofertamos aos nossos clientes, se assim eles desejarem.*

*Además, hay la cuestión distancia geográfica. FCC S.A. está en Sudamérica, tiene una planta próxima y eso se transforma en un diferencial competitivo muy grande, pues acaba reduciendo los costes del cliente con flete, evita problemas con la distancia cuando se necesita una asistencia inmediata técnica, entre otras notoriedades.*

**10- Cuando hablamos en distancia geográfica, además de los diferenciales apuntados arriba, ¿que otras herramientas FCC S.A. dispone para atender a los clientes de forma similar?**

*Poseemos un sistema – TCM – que hace posible el monitoreo de los silos de catalizador virgen y de equilibrio en tiempo real. Es un sistema remoto, vía web, accesible en cualquier parte del mundo, que viabiliza este proceso, integrando la cadena logística a los procesos industriales y comerciales de FCC S.A.*

*TCM es una innovación tecnológica ofrecida exclusivamente por FCC S.A. en el mercado de catalisadores para craqueo de petróleo, que permite el intercambio de informaciones entre las refineras cliente y nuestra empresa, analizando problemas como niveles altos de stock tanto en el productor, como en el mercado; costes elevados de distribución y mano de obra. Se trata de un servicio único de reposición automática de catalisadores, realizado en Brasil y en fase de implantación en el exterior, considerado “benchmark” entre grandes profesionales del área de logística, generador de alto nivel de satisfacción entre los clientes.*

*FCC S.A. se anticipa a las necesidades de sus clientes, integrándose directamente a su proceso productivo.*

*Esta herramienta forma parte del paquete de alto valor agregado que ofrecemos a nuestros clientes, si así lo desean.*



**11 - Você entrou na FCC S.A. na semana em que a empresa recebeu dois prêmios importantes, como a melhor empresa do setor químico e petroquímico do Brasil em 2016 pela renomada revista Valor 1000 e entre as três finalistas do prêmio da ANP (Agência Nacional do Petróleo) de Inovação Tecnológica. Como se dá essas conquistas da FCC S.A. mesmo diante da instabilidade da economia brasileira:**

*Mostra a robustez da joint-venture da empresa. É um momento complicado no país, mas a FCC S.A. através dos trabalhos de otimização de custos, da oferta de um pacote diferencial para o cliente apesar da instabilidade, tem conseguido produzir bons resultados, culminando com esse processo no ano de 2016, que foi reconhecido como sendo a melhor empresa química. O prêmio mostra a capacidade administrativa da FCC S.A. em gerir o seu negócio de maneira rentável, o que traz uma tranquilidade para o cliente, no sentido de que essa rentabilidade e confiança possam ser traduzidos em produtos de alto desempenho para eles tanto no ponto de vista econômico e financeiro, como no ponto de vista tecnológico.*

**12 - Como fica o investimento da FCC S.A. em seu sistema de inovação tecnológica?**

*A busca por produtividade e a melhoria de processo é contínua. Hoje em dia não podemos nos furtar de aproveitar todas as oportunidades para otimizar ou melhorar os custos, no que diz respeito a essas oportunidades de produtividade. Isso é um processo contínuo.*

*A crise brasileira que se instalou nos últimos anos traz um alerta maior para as empresas para elas se prepararem mais a longo prazo. Uma empresa que pretende ser duradoura não pode abrir mão de estar sempre melhorando, sempre buscando otimizar, reduzir desperdícios, otimizar estrutura de forma que vá sempre produzir o melhor pacote de valor para o cliente. A crise não afeta*

**11 - Usted entró a FCC S.A. en la semana en que la empresa recibió dos premios importantes, como la mejor empresa del sector químico y petroquímico de Brasil en 2016 por la renomada revista Valor 1000 y entre las tres finalistas del premio de ANP (Agencia Nacional del Petróleo) de Innovación Tecnológica. ¿Cómo se dan esas conquistas de FCC S.A. aún delante de la inestabilidad de la economía brasileña?**

*Muestra la robustez de la joint-venture de la empresa. Es un momento complicado en el país, pero FCC S.A. a través de los trabajos de optimización de costes, de la oferta de un paquete diferencial para el cliente a pesar de la inestabilidad, ha conseguido producir buenos resultados, culminando con ese proceso el año de 2016, que fue reconocido como siendo la mejor empresa química. El premio muestra la capacidad administrativa de FCC S.A. en administrar su negocio de manera rentable, lo que trae una tranquilidad para el cliente, en el sentido de que esa rentabilidad y confianza puedan ser traducidos en productos de alto desempeño para ellos tanto por el punto de vista económico y financiero, como por el punto de vista tecnológico.*

**12 - ¿Cómo queda la inversión de FCC S.A. en su sistema de innovación tecnológica?**

*La búsqueda por productividad y la mejoría de proceso es continua. Hoy en día no podemos dejar de aprovechar todas las oportunidades para optimizar o mejorar los costes, en lo que respecta a esas oportunidades de productividad. Eso es un proceso continuo.*

*La crisis brasileña que se instaló en los últimos años trae un alerta mayor para las empresas para que se prepararen más a largo plazo. Una empresa que pretende ser duradera no puede abrir mano de estar siempre mejorando, siempre buscando optimizar, reducir desperdicios, optimizar estructura de forma que siempre produzca el mejor paquete de valor para el cliente. La crisis no*

a operação da empresa no ponto de vista prático do dia a dia. O resultado que tivemos em 2016 mostra que estamos nos preparando ao longo da sua história para ser resiliente o suficiente e passar por momentos como esse.

### **13 - Sobre sua atuação como novo Diretor Superintendente da FCC S.A., que valores você pretende destacar como forças e oportunidades?**

Primeiramente, a questão da responsabilidade com a segurança das pessoas. A FCC S.A. é uma indústria química, trabalha com produtos perigosos e ressaltar este tema e melhorar os resultados no que for possível é um processo contínuo. A preocupação com a segurança de nossos funcionários e a forma como eles operam a nossa empresa é prioritária, tem que ser uma fábrica de segurança no final das contas. Cuidamos dos nossos funcionários de forma humana para que eles cuidem de nossos processos de forma efetiva e possam retornar felizes a seus lares a cada término de trabalho com a sensação de trabalho cumprido, pois isso reflete também em nossas entregas aos clientes e nos resultados da empresa.

A questão ambiental e de conformidade são outros pontos cruciais que pretendo trabalhar fortemente. A FCC S.A. possui um comportamento rigoroso com relação à legislações brasileiras. Ser o mais transparente possível passa a imagem de uma empresa ética e confiável, tanto do ponto de vista das relações éticas como no ponto de vista da sua produção, e isso reflete na confiabilidade e na garantia de suprimento ao cliente, na confiabilidade de produção, confiabilidade dos modais logísticos. Isso são valores.

Essas preocupações atreladas às necessidade de controle dos custos, o controle com a disciplina de capital, tanto a parte de investimento como a parte operacional, atualização da gestão do conhecimento, da capacitação das pessoas entre

afecta la operación de la empresa por el punto de vista práctico del día a día. El resultado que tuvimos el 2016 muestra que estamos preparándonos a lo largo de su historia para ser resiliente lo suficiente y pasar por momentos como este.

### **13 - Sobre su actuación como nuevo Director Superintendente de FCC S.A., ¿qué valores pretende destacar como fuerzas y oportunidades?**

Primeramente, la cuestión de la responsabilidad con la seguridad de las personas. FCC S.A. es una industria química, trabaja con productos peligrosos y resaltar este tema y mejorar los resultados en lo que sea posible es un proceso continuo. La preocupación con la seguridad de nuestros funcionarios y la forma como ellos operan nuestra empresa es prioritaria, tiene que ser una fábrica de seguridad al final de las cuentas. Cuidamos de nuestros funcionarios de forma humana para que ellos cuiden de nuestros procesos de forma efectiva y puedan volver felices a sus hogares a cada término de trabajo con la sensación del deber cumplido, pues eso refleja también en nuestras entregas a los clientes y en los resultados de la empresa.

La cuestión ambiental y de conformidad son otros puntos cruciales que pretendo trabajar fuertemente. FCC S.A. posee un comportamiento riguroso con relación a las legislaciones brasileñas. Ser lo más transparente posible pasa la imagen de una empresa ética y confiable, tanto del punto de vista de las relaciones éticas como por el punto de vista de su producción, y eso refleja en la confiabilidad y en la garantía de abastecimiento al cliente, en la confiabilidad de producción, confiabilidad de los modales logísticos. Eso son valores.

Esas preocupaciones unidas a la necesidad de control de los costes, el control con la disciplina de capital, tanto la parte de inversión como la parte operacional, actualización de la gestión del conocimiento, de la capacitación de las personas



*outros pontos que estamos trabalhando mais fortemente faz com que a empresa continue sendo bem posicionada como foi em 2016 como uma empresa de destaque na Indústria Química.*

**14 – Você apontou a segurança como o ponto mais importante na gestão interna de um pacote de valor. Por quê? E no que isso reflete no cliente?**

*É muito simples. Se você consegue cuidar bem das pessoas, obviamente as pessoas vão cuidar bem da fábrica, que vão cuidar bem do produto do cliente. Se eu não cuidar bem das pessoas naquilo que é mais importante que é a saúde e integridade física e mental delas, obviamente elas não vão cuidar bem do processo produtivo, o que pode refletir em nossas entregas. O trabalho na segurança é interessante porque quando você melhora neste quesito, a organização aumenta sua produtividade de maneira geral.*

*Isso reflete também em custos. Especialistas na área informam que o gasto na prevenção de acidentes chega a ser 10 vezes menor do que reparar um acidente, por exemplo. Fora que isso gera atrasos ao cliente.*

*Nenhuma empresa que não é boa em segurança é boa em outra coisa. Se você não cuida das pessoas, que cuidam das máquinas, que geram o catalisador, como o catalisador vai ser bom? Essa é a lógica em investimento em segurança na prática.*

*E associar isso à prevenção de risco à vida humana é o que torna este tema o primordial de minha gestão interna.*

**15 - Gostaria de deixar uma mensagem adicional?**

*O objetivo daqui para frente é fazer com que acontecimentos positivos tenham uma*

*entre outros pontos que estamos trabajando más fuertemente hace que la empresa continúe siendo bien posicionada como fue en 2016 como una empresa de destaque en la Industria Química.*

**14 – Usted indicó la seguridad como el punto más importante en la gestión interna de un paquete de valor. ¿Por qué? ¿Y en que eso refleja al cliente?**

*Es muy simple. Si uno consigue cuidar bien de las personas, obviamente las personas van a cuidar bien de la fábrica, que van a cuidar bien del producto del cliente. Si no cuido bien de las personas en lo que es más importante que es la salud e integridad física y mental de ellas, obviamente ellas no van a cuidar bien del proceso productivo, lo que puede reflejar en nuestras entregas. El trabajo en la seguridad es interesante porque cuando uno mejora en esta cuestión, la organización aumenta su productividad de manera general.*

*Eso refleja también en costes. Especialistas en el área informan que el gasto en la prevención de accidentes llega a ser 10 veces menor que reparar un accidente, por ejemplo. Fuera que eso genera atrasos al cliente.*

*Ninguna empresa que no es buena en seguridad es buena en otra cosa. Si usted no cuida de las personas, que cuidan de las máquinas, que generan el catalizador, ¿cómo el catalizador va a ser bueno? Esa es la lógica en inversión en seguridad en la práctica.*

*Y asociar eso a la prevención de riesgo a la vida humana es lo que vuelve este tema lo primordial de mi gestión interna.*

**15 - ¿Le gustaría dejar un mensaje adicional?**

*El objetivo de aquí en adelante es hacer con que acontecimientos positivos tengan una*



*perpetuidade maior. A questão não é ter bons resultados hoje, e sim trabalhar o hoje para continuar tendo bons resultados na sequência dos anos que vem para FCC S.A., porque temos excelentes condições de manter a liderança na América do Sul como fabricante ou como empresa de catalisador.*

Veja abaixo seu currículo completo:

- Mestre em Engenharia de Materiais pelo Cranfield Institute of Technology, na Inglaterra.
- MBA pela PUC/PR, participante dos cursos de Desenvolvimento de Executivos na Kellogg, Chicago/EUA e do Programa de Gestão Avançada (PGA) no INSEAD/França.
- Practitioner; Master e Trainer em PNL (Programação Neurolinguística).
- Lecionou na graduação e pós-graduação as disciplinas de Qualidade, Confiabilidade e Organização na Universidade Federal do Paraná. Atualmente é professor visitante da FGV-RJ e da Fundação GORCEIX.
- Atuou como Engenheiro de Equipamentos e Gerente de Engenharia e Produção na refinaria REPAR/PR.
- Autor e coautor, respectivamente, dos livros Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade; Gestão Estratégica e Confiabilidade; Criando o Hábito da Excelência; Liderança Baseada em Valores; Gestão de Ativos; Vivendo a Gestão de Ativos.
- Autor de vários artigos e palestras sobre Excelência em Gestão de Confiabilidade e Saúde, Meio Ambiente e Segurança.
- Atuou como Gerente Geral nas refinarias RECAP, REVAP, REGAP, REDUC, REPAR e como Gerente Geral de Eficiência Operacional da Sede da Petrobras. Presidente da Abramam 2011-2015.

*perpetuidad mayor. La cuestión no es tener buenos resultados hoy, y sí trabajar el hoy para continuar teniendo buenos resultados en la secuencia de los años que vienen para FCC S.A., porque tenemos excelentes condiciones de mantener el liderazgo en Sudamérica como fabricante o como empresa de catalizador.*

Veja abajo su currículo completo:

- Magister en Ingeniería de Materiales por el Cranfield Institute of Technology, en Inglaterra.
- MBA por la PUC/PR, participante de los cursos de Desarrollo de Ejecutivos en Kellogg, Chicago/EUA y del Programa de Gestión Avanzada (PGA) en INSEAD/Francia.
- Practitioner; Magister y Trainer en PNL (Programación Neurolinguística).
- Enseñó en la graduación y post-grado las disciplinas de Calidad, Confiabilidad y Organización en la Universidad Federal de Paraná. Actualmente es profesor visitante de FGV-RJ y de la Fundación GORCEIX.
- Actuó como Ingeniero de Equipos y Gerente de Ingeniería y Producción en la refinera REPAR/PR.
- Autor y coautor, respectivamente, de los libros Manual de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad; Gestión Estratégica y Confiabilidad; Creando el Hábito de la Excelencia; Liderazgo Basado en Valores; Gestión de Activos; Viviendo la Gestión de Activos.
- Autor de varios artículos y charlas sobre Excelencia en Gestión de Confiabilidad y Salud, Medio Ambiente y Seguridad.
- Actuó como Gerente General en las refineras RECAP, REVAP, REGAP, REDUC, REPAR y como Gerente General de Eficiencia Operacional de la Sede de Petrobras. Presidente de Abramam 2011-2015.



## FCC S.A. é finalista no Prêmio de Inovação Tecnológica da ANP

■ *Por:* ALINE FONSECA - ANALISTA DE MARKETING - FCC S.A.

O projeto MAXZOOM, um aditivo desenvolvido em conjunto pela FCCSA-PETROBRAS-Albemarle para otimização de olefinas leves e qualidade de combustíveis, ficou entre uma das três finalistas no Prêmio ANP de Inovação Tecnológica 2017 - Categoria 3, sobre inovações tecnológicas desenvolvidas no Brasil por empresas de grande porte, fornecedoras do segmento de petróleo, gás natural e biocombustíveis em colaboração com empresa petrolífera.

## FCC S.A. es finalista en el Premio de Innovación Tecnológica de ANP

■ *Por:* ALINE FONSECA - ANALISTA DE MARKETING - FCC S.A.

El proyecto MAXZOOM, un aditivo desarrollado en conjunto por FCCSA-PETROBRAS-Albemarle para optimización de olefinas ligeras y calidad de combustibles, quedó entre una de las tres finalistas en el Premio ANP de Innovación Tecnológica 2017 - Categoría 3, sobre innovaciones tecnológicas desarrolladas en Brasil por empresas de gran porte, proveedoras del segmento de petróleo, gas natural y biocombustibles en colaboración con empresa petrolífera.





O Prêmio tem como objetivo o reconhecimento do esforço, individual ou conjunto, de instituição de pesquisa e desenvolvimento credenciada pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), empresa petrolífera e empresa brasileira que tenham desenvolvido bens e/ou serviços inovadores para a cadeia produtiva do setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis, já inseridos ou com alto potencial de inserção no mercado e que tenham sido financiados com pelo menos 20% de recursos da Cláusula de PD&I presente nos contratos para exploração e produção de petróleo e gás natural.

Os critérios utilizados pela Comissão Julgadora que avaliou os projetos foram: Originalidade, aplicabilidade e funcionalidade e contribuição científica e tecnológica do projeto.

A cerimônia de premiação aconteceu no dia 31 de Agosto no Palácio do Itamaraty, no Rio de Janeiro, e teve a presença de toda a equipe responsável pelo projeto vencedor, e dos nossos dois diretores, Cid Carvalho e João Ricardo Lafraia.

Esses e outros projetos de inovação, desenvolvidos pela FCC S.A., fazem parte de um sistema tecnológico, que possibilita a troca de conhecimento global entre os centros de pesquisa de seus parceiros, como o CENPES, da Petrobras, no Rio de Janeiro, e os centros de Pesquisa e Desenvolvimento, da Albemarle, em Houston.

El Premio tiene como objetivo el reconocimiento del esfuerzo, individual o conjunto, de institución de investigación y desarrollo acreditado por ANP (Agencia Nacional de Petróleo), empresa petrolífera y empresa brasileira que hayan desarrollado bienes y/o servicios innovadores para la cadena productiva del sector de petróleo, gas natural y biocombustibles, ya inseridos o con alto potencial de inserción en el mercado y que hayan sido financiados con por lo menos 20% de recursos de la Cláusula de PD&I presente en los contratos para exploración y producción de petróleo y gas natural.

Los criterios utilizados por la Comisión Juzgadora que evaluó los proyectos fueron: Originalidad, aplicabilidad y funcionalidad y contribución científica y tecnológica del proyecto.

La ceremonia de premiación ocurrió el día 31 de Agosto en el Palacio de Itamaraty, en Rio de Janeiro, y tuvo la presencia de todo el equipo responsable por el proyecto vencedor, y de nuestros dos directores, Cid Carvalho y João Ricardo Lafraia.

Esos y otros proyectos de innovación, desarrollados por FCC S.A., forman parte de un sistema tecnológico, que hace posible el intercambio de conocimiento global entre los centros de investigación de sus socios, como CENPES, de Petrobras, en Rio de Janeiro, y los centros de Investigación y Desarrollo, de Albemarle, en Houston.

Toda essa estrutura faz a diferença no desenvolvimento tecnológico da FCC S.A. Com ela, é possível realizar projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, aumentando assim, não apenas a performance dos nossos catalisadores, mas principalmente a confiança dos nossos clientes em aplicar os nossos produtos em suas unidades.

**Conheça mais sobre o aditivo Maxzoom em nosso site ([www.fccsa.com.br](http://www.fccsa.com.br)).**

Toda esa estructura hace diferencia en el desarrollo tecnológico de FCC S.A. Con esta, es posible realizar proyectos de Investigación y Desarrollo, aumentando así, no apenas la performance de nuestros catalizadores, pero principalmente la confianza de nuestros clientes en aplicar nuestros productos en sus unidades.

**Conozca más sobre el aditivo Maxzoom en nuestro sitio ([www.fccsa.com.br](http://www.fccsa.com.br)).**

# VALOR 1000 2017



# FCC S.A. é eleita a melhor empresa do setor químico e petroquímico pelo jornal Valor Econômico

■ *Por:* JOSÉ MARCOS - COORDENADOR DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - FCC.S.A

Mesmo diante do desafio de instabilidade na economia brasileira, a FCC S.A. comemora a conquista da melhor empresa no setor de Química e Petroquímica na 17ª Edição do Valor 1000 (ranking com os indicadores das maiores empresas do Brasil), do Jornal Valor Econômico, maior jornal de economia e negócios do País.

# FCC S.A. fue electa la mejor empresa del sector químico y petroquímico por el diario Valor Económico

■ *Por:* JOSÉ MARCOS - COORDENADOR DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - FCC.S.A

Incluso ante el desafío de inestabilidad en la economía brasileira, FCC S.A. conmemora la conquista de la mejor empresa en el sector de Química y Petroquímica en la 17ª Edición del Valor 1000 (ranking con los indicadores de las mayores empresas de Brasil), del Diario Valor Económico, mayor diario de economía y negocios del País.



Os critérios utilizados neste processo foram: Receita Líquida, Crescimento Sustentável, Margem de Atividade, Giro Ativo, Margem Ebitda, Rentabilidade, Liquidez Corrente e Cobertura de Juros. ***“De acordo com esses critérios, são as companhias que melhor resistiram à crise,”*** diz William Volpato, gerente do Valor Data – área que coordenou junto com a Fundação Getúlio Vargas a análise que identificou as dez companhias que apresentaram os crescimentos médios anuais mais robustos nos últimos cinco anos.

Para Cid Carvalho, diretor da FCC S.A., a crise afetou a credibilidade do país e o resultado das companhias e, diante deste cenário, a Companhia fez um programa de redução dos custos variáveis, aumentou a eficiência no consumo de energia, gás, revisou contratos com fornecedores e realinhou os preços de seus produtos e serviços.

***“Esse prêmio é muito importante e mostra que a direção da FCC S.A. está no caminho certo” - enfatizou o diretor Superintendente da empresa, João Lafraia. Para ele, a dedicação e o trabalho em equipe dos colaboradores da empresa contribuem e muito para esses resultados, além da cultura de alto desempenho que a FCC S.A. busca atingir.***

Los criterios utilizados en este proceso fueron: Receta Líquida, Crecimiento Sustentable, Margen de Actividad, Giro Activo, Margen Ebitda, Rentabilidad, Liquidez Corriente y Cobertura de intereses. ***“De acuerdo con esos criterios, son las compañías que mejor resistieron a la crisis,”*** dice William Volpato, gerente del Valor Data – área que coordinó junto con la Fundación Getúlio Vargas el análisis que identificó las diez compañías que presentaron los crecimientos medios anuales más robustos en los últimos cinco años.

Para Cid Carvalho, director de FCC S.A., la crisis afectó la credibilidad del país y el resultado de las compañías y, delante de este escenario, la Compañía hizo un programa de reducción de los costes variables, aumentó la eficiencia en el consumo de energía, gas, revisó contratos con *proveedores* y *realineó los precios de sus productos y servicios*.

***“Ese premio es muy importante y muestra que la dirección de FCC S.A. está en el camino cierto” – enfatizó el director Superintendente de la empresa, João Lafraia. Para él, la dedicación y el trabajo en equipo de los colaboradores de la empresa contribuyen y mucho para esos resultados, además de la cultura de alto desempeño que FCC S.A. busca alcanzar.***



Para o Valor 1000, mesmo diante desse horizonte cinzento, as empresas cujo planejamento abrange horizontes mais longos afirmam que os investimentos previstos, a maioria com recursos próprios, não sofrerão cortes.

A FCC S.A. segue nesta linha conduzindo este período passageiro de instabilidade com mão firme na revisão de processos e redução de custos.

***“Estamos preparados para atender todo o mercado sul-americano. Neste momento, trabalhamos na identificação da necessidade futura dos nossos clientes.”*** – destaca Cid Carvalho. ***“A ideia, para os próximos anos é manter a média de investimento, mantendo vivo o sistema tecnológico da empresa, independente da crise econômica.”*** – ressalta.

Leia a matéria na íntegra em nosso site ([www.fccsa.com.br](http://www.fccsa.com.br)).

Para Valor 1000, aun ante ese horizonte gris, las empresas cuyo planeamiento abarca horizontes más largos afirman que las inversiones previstas, la mayoría con recursos propios, no sufrirán cortes.

FCC S.A. sigue en esta línea conduciendo este período pasajero de inestabilidad con mano firme en la revisión de procesos y reducción de costes.

***“Estamos preparados para atender todo el mercado sudamericano. En este momento, trabajamos en la identificación de la necesidad futura de nuestros clientes.”*** – destaca Cid Carvalho. ***“La idea, para los próximos años es mantener la media de inversión, manteniendo vivo el sistema tecnológico de la empresa, independiente de la crisis económica.”*** – resalta.

Lea la materia entera en nuestro sitio ([www.fccsa.com.br](http://www.fccsa.com.br)).



# FCC S.A. investe em soluções tecnológicas com foco no aumento de rentabilidade do cliente

■ *Por:* ALINE FONSECA - ANALISTA DE MARKETING - FCC S.A.

Na última década, mudanças significativas aconteceram no processo de Craqueamento Catalítico Fluidizado (FCC). Refinarias não só do Brasil como de outros países da América do Sul processam cargas cada vez mais pesadas, demandando assim constantes melhorias na área de P&D e Inovação para estudo e implementação de novas tecnologias de catalisadores para craqueamento, capaz de permitir a resposta adequada desses produtos ao refinador.

# FCC S.A. invierte en soluciones tecnológicas con foco en el aumento de rentabilidad del cliente

■ *Por:* ALINE FONSECA - ANALISTA DE MARKETING - FCC S.A.

En la última década, cambios significativos ocurrieron en el proceso de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC). Refinerías no sólo de Brasil como de otros países de Sudamérica procesan cargas cada vez más pesadas, demandando así constantes mejoras en el área de P&D e Innovación para estudio e implementación de nuevas tecnologías de catalisadores para craqueo, capaz de permitir la respuesta adecuada de esos productos al refinador.



Por conta disso, a FCC S.A., com seu *know-how* internacional em projetos e definição de soluções adequadas a cada aplicação, trabalha constantemente desenvolvendo, em conjunto com o CENPES, catalisadores capazes de promover a melhoria da performance das unidades de FCC. Nossa excelência é baseada na adequação das cargas processadas e condições operacionais, testes em plantas-piloto e no intensivo trabalho de Serviços Técnicos junto ao cliente.

As mudanças nos projetos e nas cargas, ao longo do tempo, levaram a uma nova etapa de controle, onde a difusão das moléculas de hidrocarbonetos aos sítios ácidos existentes (acessibilidade) ganhou uma importância muito maior que o número de sítios ácidos presentes no catalisador. E este conceito de acessibilidade é bastante explorado pela equipe da FCC S.A. através de uma tecnologia de ponta, utilizada em nosso processo produtivo.

Estamos falando do TOPAZ. Essa tecnologia atende perfeitamente à demanda por sistemas catalíticos de alta difusibilidade, através de famílias de catalisadores que conferem maior acessibilidade às microesferas de catalisador, tornando, dessa forma, mais fácil a difusão de moléculas de alto grau de complexidade presentes nas cargas de FCC.

Testes realizados em refinarias, utilizando essa tecnologia, atenderam à demandas do cliente com **ganhos no volume de nafta, melhor seletividade ao coque, aumento de conversão de fundos, redução de GLP** e aumento de propeno. Além de possuir maior resistência à contaminação de outros metais pesados.

Nossa proximidade com o cliente e a preocupação constante com a qualidade da carga que estava sendo processada, fez com que nossa equipe técnica se antecipasse às fortes demandas que

Por cuenta de eso, FCC S.A., con su *know-how* internacional en proyectos y definición de soluciones adecuadas a cada aplicación, trabaja constantemente desarrollando, en conjunto con CENPES, catalizadores capaces de promover la mejora de la performance de las unidades de FCC. Nuestra excelencia se basa en la adecuación de las cargas procesadas y condiciones operacionales, tests en plantas piloto y en el intensivo trabajo de Servicios Técnicos junto al cliente.

Los cambios en los proyectos y en las cargas, a lo largo del tiempo, llevaron a una nueva etapa de control, donde la difusión de las moléculas de hidrocarburos a los sitios ácidos existentes (accesibilidad) ganó una importancia mucho mayor que el número de sitios ácidos presentes en el catalizador. Y este concepto de accesibilidad es bastante explorado por el equipo de FCC S.A. a través de una tecnología de punta, utilizada en nuestro proceso productivo.

Estamos hablando de TOPAZ. Esa tecnología atiende perfectamente a la demanda por sistemas catalíticos de alta difusibilidad, a través de familias de catalizadores que confieren mayor accesibilidad a las microesferas de catalizador, haciendo, de esa forma, más fácil la difusión de moléculas de alto grado de complejidad presentes en las cargas de FCC.

Tests realizados en refinarias, utilizando esa tecnología, atendieron a las demandas del cliente con **ganancias en el volumen de nafta, mejor selectividad al coque, aumento de conversión de fondos, reducción de GLP** y aumento de propileno. Además de poseer mayor resistencia a la contaminación de otros metales pesados.

Nuestra proximidad con el cliente y la preocupación constante con la calidad de la carga que estaba siendo procesada, hizo con que

viriam pela frente. E para estar pronta a elas, foram feitos investimentos na planta da FCC S.A. com o intuito de aumentar a capacidade e a qualidade de produção da tecnologia TOPAZ. Nos três últimos anos, o investimento total em nossa planta foi de R\$ 7,5 milhões, sendo mais da metade para atender à crescente demanda por TOPAZ e o restante voltado à melhoria da qualidade dos nossos produtos. Para este ano há investimentos previstos da ordem de R\$ 2 milhões, incluindo a partida de uma nova unidade em nossos laboratórios, que nos auxiliará em novos estudos e desenvolvimentos.

Hoje, a produção desta tecnologia dobrou de capacidade, o que reflete no compromisso da empresa em melhor atender o cliente, pois trata-se de produto que gera altíssima rentabilidade ao refinador.

As avaliações nas refinarias confirmam o TOPAZ como uma tecnologia de ponta, reconhecido mundialmente como benchmark para processamento de cargas residuais, podendo ser utilizado sozinho ou junto com outras tecnologias.


A equipe técnica da FCC S.A. está sempre atenta a essas demandas de mercado, não só locais, como globais, muitas das vezes se antecipando às reais necessidades dos nossos clientes. Nossa estrutura de P&D permite a realização não só de pesquisas avançadas em novas tecnologias e produtos de ponta como também na realização de testes comerciais para avaliação, na prática, dos resultados dessas aplicações em uma refinaria, antes de sua inclusão em nosso portfólio. Isso faz com que a confiança dos nossos clientes em aplicar os produtos da FCC S.A. em suas indústrias se renova

nuestro equipo técnico se anticipase a las fuertes demandas que vendrían por delante. Y para estar lista para estas, fueron hechas inversiones en la planta de FCC S.A. con el intuito de aumentar la capacidad y la calidad de producción de la tecnología TOPAZ. En los tres últimos años, la inversión total en nuestra planta fue de R\$ 7,5 millones, siendo más de la mitad para atender a la creciente demanda por TOPAZ y lo que restó dirigido a la mejora de la calidad de nuestros productos. Para este año hay inversiones previstas del orden de R\$ 2 millones, incluyendo la partida de una nueva unidad en nuestros laboratorios, que nos auxiliará en nuevos estudios y desarrollos.

Hoy, la producción de esta tecnología dobló de capacidad, lo que refleja en el compromiso de la empresa en atender mejor al cliente, pues se trata de producto que genera altísima rentabilidad al refinador.

Las evaluaciones en las refinarias confirman TOPAZ como una tecnología de punta, reconocido mundialmente como benchmark para procesamiento de cargas residuales, pudiendo ser utilizado solo o junto con otras tecnologías.

El equipo técnico de FCC S.A. está siempre atento a esas demandas de mercado, no sólo locales, como globales, muchas veces se anticipando a las reales necesidades de nuestros clientes. Nuestra estructura de P&D permite la realización no sólo de investigaciones avanzadas en nuevas tecnologías y productos de punta como también en la realización de tests comerciales para evaluación, en la práctica, de los resultados de esas aplicaciones en una refinaria, antes de su inclusión en nuestro portafolio. Eso hace con que la confianza de nuestros clientes en aplicar los productos de FCC S.A. en sus industrias se renueve cada vez más.



OLHE pra frente  
Descubra novos CAMINHOS  
CONFIE em você  
Estabeleça suas METAS  
OUÇA seu coração  
Junte muitos AMIGOS  
SEJA sempre gentil  
Desfrute bons MOMENTOS  
SUPERE seus limites  
Mantenha-se em FORMA  
VIVA com intensidade  
Contemple o MUNDO  
AME muito mais  
Seja sempre FELIZ

MIRE hacia adelante  
Descubra nuevos CAMINOS  
CONFIE en usted  
Establezca sus METAS  
ESCUCHA a tu corazón  
Junte muchos AMIGOS  
SEA siempre gentil  
Disfrute de buenos MOMENTOS  
SUPERE sus límites  
Manténgase en FORMA  
VIVA con intensidad  
Contemple el MUNDO  
AME mucho más  
Sea siempre FELIZ

Agradecemos a parceria em 2017!  
Agradecemos la parceria en 2017!

Boa Festas!  
¡Felices Fiestas!



FÁBRICA CARIOCA  
DE CATALISADORES