

Catalítica



FÁBRICA CARIOCA
DE CATALISADORES

AVALIAÇÃO DO FLEXCOOL NA URFCC DA RLAM

EVALUACIÓN DE
FLEXCOOL EN LA
URFCC DE RLAM

PÁG 6

DESENVOLVIMENTO DE
NOVOS CATALISADORES:
O PAPEL DA MICROSCOPIA
ELETRÔNICA

DESARROLLO DE NUEVOS
CATALIZADORES: EL PAPEL
DE LA MICROSCOPIA
ELECTRÓNICA

PÁG 20



EXPEDIENTE EXPEDIENTE

EDIÇÃO > 10 ANO 03 > OUTUBRO/NOVEMBRO/DEZEMBRO > 2015
EDICIÓN > 10 AÑO 03 > OCTUBRE/NOVIEMBRE/DICIEMBRE > 2015

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

fccsa@fccsa.com.br

CONSELHO EDITORIAL CONSEJO EDITORIAL

Edson Kleiber de Castilho

Diretor Superintendente
Director Superintendente

César Martins Fraga

Gerente de Marketing
Gerente de Marketing

Felipe Cerquize

Administração de Vendas
e Marketing
Administración de Ventas
y Marketing

SUMÁRIO ÍNDICE

4

INOVAÇÃO E
COMPETITIVIDADE:
UMA ESTREITA
RELAÇÃO DE SUCESSO

INNOVACIÓN Y
COMPETITIVIDAD:
UNA ESTRECHA
RELACIÓN DE ÉXITO

6

AValiação DO
FLEXCOOL NA
URFCC DA RLAM

EVALUACIÓN DE
FLEXCOOL EN LA
URFCC DE RLAM

16

DESENVOLVIMENTO DE
NOVOS CATALISADORES:
O PAPEL DA MICROSCOPIA
ELETRÔNICA

DESARROLLO DE NUEVOS
CATALIZADORES: EL PAPEL
DE LA MICROSCOPIA
ELECTRÓNICA

38

FÁBRICA CARIOCA DE
CATALISADORES S.A.
PARTICIPA DO '4º
CONGRESO
LATINOAMERICANO Y DEL
CARIBE DE REFINACIÓN'

FÁBRICA CARIOCA DE
CATALISADORES S.A.
PARTICIPA DEL '4º
CONGRESO
LATINOAMERICANO Y DEL
CARIBE DE REFINACIÓN'

42

FCC S.A. PARTICIPA
DA 4ª LARTC

FCC S.A. PARTICIPA
DE LA 4ª LARTC

46

FÁBRICA CARIOCA DE CATA-
LISADORES S.A. PARTICIPA DO
18º CONGRESSO BRASILEIRO
DE CATÁLISE

FÁBRICA CARIOCA DE
CATALISADORES S.A.
PARTICIPA DEL 18º
CONGRESO BRASILEÑO
DE CATÁLISIS

50

HORA DE SE PREPARAR
PARA O 3º ENCONTRO
SUL-AMERICANO DE
CRAQUEAMENTO
CATALÍTICO E
HIDROPROCESSAMENTO

HORA DE PREPARARSE
PARA EL 3^{ER} ENCUENTRO
SUDAMERICANO DE
CRAQUEO CATALÍTICO
E HIDROPROCESSAMIENTO

INOVAÇÃO E COMPETITIVIDADE: UMA ESTREITA RELAÇÃO DE SUCESSO



**CÉSAR MARTINS
FRAGA**

Gerente de Marketing
Gerente de Marketing

Novos desafios derivados do crescimento no ritmo das mudanças, da evolução tecnológica, da globalização e do incremento da concorrência causam, nas atividades diárias das empresas, maior complexidade na busca da competitividade e do seu crescimento sustentável.

Dentre as estratégias definidas por Porter, a diferenciação de produto seria aquela mais promissora para a lucratividade da empresa. Aqui entra a capacidade de inovar como elemento primordial de competitividade

A Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. entende que para inovar deve se colocar no lugar de seus clientes, entender bem o seu mercado e, acima de tudo, ter pessoas qualificadas e um processo sistematizado de gestão da inovação. Por isso, a inovação é sempre planejada e faz parte do nosso mapa de objetivos estratégicos.

Nesse contexto, para que a inovação faça parte da cultura da FCC S.A. caracterizando-a como uma organização inovadora, é imprescindível investir em pesquisa e desenvolvimento, capacitar e envolver as pessoas, desenvolver novas tecnologias com os centros de P&D da PETROBRAS e ALBEMARLE e implementar mecanismos de gestão que vão desde a identificação de novas oportunidades até o lançamento de novos produtos.

Além da criatividade, uma empresa inovadora precisa de produtividade, pois sem ela não há oportunidades. É preciso colocar as boas ideias em prática. Nesta edição, o artigo "*Avaliação do FlexCool na URFCC da RLAM*" é um bom exemplo de fi-

nalização competitiva de uma inovação, fruto de trabalho conjunto entre CENPES e a FCC S.A., atendendo às necessidades e gerando ganhos de rentabilidade para um de nossos clientes.

Hoje, com o aumento da concorrência e a globalização dos mercados, a universidade ganha destaque como uma fonte importante de inovação auxiliando as empresas na busca de competitividade. O segundo artigo apresentado nesta edição, "Desenvolvimento de novos catalisadores: o papel da microscopia eletrônica" exemplifica esse maior alinhamento entre as linhas de pesquisa da universidade e a inovação aplicada ao setor produtivo.

Fóruns de intercâmbio técnico entre clientes e fabricantes também são importantes para a divulgação das inovações tecnológicas e fortalecimento da competitividade da FCC S.A. Em destaque, nesta edição, as matérias sobre: "3º Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico e Hidroprocessamento"; "4ª Conferência Latino-Americana de Tecnologia de Refino (LARTC)"; "18º Congresso Brasileiro de Catálise (CBCat)" e "4º Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación".

Inovar não se resume, portanto, em lançar novos produtos ou desenvolver novos serviços, muito menos em realizar uma nova roupagem. Diferenciar-se. Essa sim é a melhor maneira de inovar e estar um passo a frente da concorrência. Assim, a Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. atua disponibilizando, constantemente, para o mercado soluções inovadoras como forma de se diferenciar de seus concorrentes.

INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD: UNA ESTRECHA RELACIÓN DE ÉXITO

Nuevos desafíos derivados del crecimiento en el ritmo de los cambios, de la evolución tecnológica, de la globalización y del aumento de la competencia causan, en las actividades diarias de las empresas, mayor complejidad en la búsqueda de la competitividad y de su crecimiento sustentable.

De entre las estrategias definidas por Porter, la diferenciación de producto sería la más promisoría para la lucratividad de la empresa. Aquí entra la capacidad de innovar como elemento primordial de competitividad

Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. entiende que para innovar uno se debe colocar en el lugar de sus clientes, entender bien su mercado y, sobre todo, tener personas calificadas y un proceso sistematizado de gestión de la innovación. Por eso, la innovación es siempre planeada y forma parte de nuestro mapa de objetivos estratégicos.

En ese contexto, para que la innovación forme parte de la cultura de FCC S.A. caracterizándola como una organización innovadora, es imprescindible invertir en investigación y desarrollo, capacitar e involucrar a las personas, desarrollar nuevas tecnologías con los centros de P&D de PETROBRAS y ALBEMARLE e implementar mecanismos de gestión que van desde la identificación de nuevas oportunidades hasta el lanzamiento de nuevos productos.

Además de la creatividad, una empresa innovadora necesita productividad, pues, sin eso, no hay oportunidades. Es necesario colocar las buenas ideas en práctica. En esta edición, el artículo "*Evaluación*

de FlexCool en la URFCC de la RLAM" es un buen ejemplo de finalización competitiva de una innovación, fruto de trabajo conjunto entre CENPES y FCC S.A., atendiendo las necesidades y generando ganancias de rentabilidad para uno de nuestros clientes.

Hoy, con el aumento de la competencia y la globalización de los mercados, la universidad gana destaque como una fuente importante de innovación auxiliando las empresas en la búsqueda de competitividad. El segundo artículo presentado en esta edición, "Desarrollo de nuevos catalizadores: el papel de la microscopia electrónica" ejemplifica ese mayor alineamiento entre las líneas de investigación de la universidad y la innovación aplicada al sector productivo.

Foros de intercambio técnico entre clientes y fabricantes también son importantes para la divulgación de las innovaciones tecnológicas y fortalecimiento de la competitividad de FCC S.A. En destaque en esta edición las materias sobre: "3^{er} Encuentro Sudamericano de Craqueo Catalítico e Hidroprocesamiento"; "4^a Conferencia Latinoamericana de Tecnología de Refino (LARTC)"; "18^o Congreso Brasileño de Catálisis (CBCat)" y "4^o Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación".

Innovar no se resume, por lo tanto, a lanzar nuevos productos o desarrollar nuevos servicios, mucho menos en realizar un nuevo ropaje. Diferenciarse. Esa sí es la mejor manera de innovar y estar un paso adelante de la competencia. Así, Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. actúa poniendo disponible para el mercado, constantemente, soluciones innovadoras como forma de diferenciarse de sus competidores.

AVALIAÇÃO DO
FLEXCOOL NA
URFCC DA RLAM

EVALUACIÓN DE
FLEXCOOL EN LA
URFCC DE RLAM

○ INTRODUÇÃO

Na terceira edição da revista Catalítica, foi apresentada a solução inovadora da FCCSA em parceria com o CENPES, a extensão tecnológica FlexCool, como alternativa para processamento de cargas mais pesadas e/ou folga operacional para unidades que trabalham em alta severidade, sem afetar/alterar a atividade intrínseca do sistema catalítico¹. Os benefícios da redução da temperatura de fase densa, TFD, por consequência de um menor delta coque, trouxeram resultados positivos e rentáveis para o sistema Petrobras, visto a flexibilidade operacional proporcionada pelo FlexCool nas UFCC's que acrescentaram a extensão tecnológica a seus sistemas catalíticos.

○ INTRODUCCIÓN

En la tercera edición de la revista Catalítica, fue presentada la solución innovadora de FCCSA en sociedad con CENPES, la extensión tecnológica FlexCool, como alternativa para procesamiento de cargas más pesadas y/o holgura operacional para unidades que trabajan en alta severidad, sin afectar/alterar la actividad intrínseca del sistema catalítico¹. Los beneficios de la reducción de la temperatura de fase densa, TFD, por consecuencia de un menor delta coque, trajeron resultados positivos y rentables para el sistema Petrobras, resultado de la flexibilidad operacional proporcionada por FlexCool en las UFCC's que acrecentaron la extensión tecnológica a sus sistemas catalíticos.

¹ SILVA, G. FERREIRA, J. FlexCool: Maior controle sobre a temperatura do regenerador em processamento de alta severidade. Revista Catalítica, Rio de Janeiro, 3ª edição, jan/fev/mar. 2014. Disponível em: <<http://www.fccsa.com.br/>>. Acesso em: 21 ago.2015. SILVA, G. FERREIRA, J. FlexCool: Mayor control sobre la temperatura del regenerador en procesamiento de alta severidad. Revista Catalítica, Rio de Janeiro, 3ª edición, ene/feb/mar. 2014. Disponible en: <<http://www.fccsa.com.br/>>. Acesso em: 21 ago.2015.



Com a conclusão da avaliação do FlexCool na RPBC, ocorrida em Abril de 2014, a qual comprovou a redução desejada de 6% do delta coque, permitindo o aumento de resíduo atmosférico (RAT) na composição da carga da sua UFCC e proporcionando uma previsão de ganho de 19,5 milhões de dólares ao ano de rentabilidade², a gerência de otimização da RLAM considerou testar o FlexCool no sistema catalítico da sua URFCC, U-39, unidade de craqueamento de resíduo.

O grande motivador para o teste foi a possibilidade de aumentar o processamento de RV em detrimento de gasóleo pesado (GOP) na carga da U-39 da RLAM, dado que a refinaria sofre com a baixa disponibilidade de gasóleo e opera

Con la conclusión de la evaluación de FlexCool en la RPBC, ocurrida en Abril de 2014, la cual comprobó la reducción deseada de 6% del delta coque, permitiendo el aumento de residuo atmosférico (RAT) en la composición de la carga de su UFCC y proporcionando una previsión de ganancia de 19,5 millones de dólares al año de rentabilidad², la gerencia de optimización de la RLAM consideró testear FlexCool en el sistema catalítico de su URFCC, U-39, unidad de craqueo de residuo.

El gran motivador para el test fue la posibilidad de aumentar el procesamiento de RV en detrimento de gasoil pesado (GOP) en la carga de la U-39 de la RLAM, dado que la refinería sufre con la baja disponibilidad de gasoil y opera con sus *catcoolers*

² EFFTING, M et al. Avaliação da adição de Spike na RPBC. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/TFCC, Junho 2013. Comunicação Interna (CT TFCC 012/2013). //EFFTING, M et al. Evaluación de la adición de Spike en la RPBC. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/TFCC, Junio 2013. Comunicación Interna (CT TFCC 012/2013).

com seus *catcoolers* sobrecarregados e TFD limitada, além de aumentar a rentabilidade da unidade. Na RLAM, o GOP “economizado” com a maior incorporação de RV ficaria disponível para armazenamento e posteriormente complementar a carga da U-39, principalmente em períodos de baixa produção de GOP³.

AVALIAÇÃO INDUSTRIAL

Conforme citado na introdução, a U-39 opera com seus *catcoolers* e TFD limitados, sendo esta última uma variável independente, controlada automaticamente (*setpoint*). Neste caso, a variável dependente é a abertura das válvulas dos *catcoolers* e sua geração de vapor saturado. As-

sobrecarregados y TFD limitada, además de aumentar la rentabilidad de la unidad. En la RLAM, el GOP “economizado” con la mayor incorporación de RV quedaría disponible para almacenamiento y posteriormente complementar la carga de la U-39, principalmente en períodos de baja producción de GOP³.

EVALUACIÓN INDUSTRIAL

Conforme citado en la introducción, la U-39 opera con sus *catcoolers* y TFD limitados, siendo esta última una variable independiente, controlada automáticamente (*setpoint*). En este caso, la variable dependiente es la apertura de las válvulas de los *catcoolers* y su generación de vapor saturado. Así, la

³ Manuela Barreto, 2014 – Relatório Interno FCCSA. // Manuela Barreto, 2014 – Informe Interno FCCSA.



sim, a leitura da flexibilidade operacional proporcionada pelo FlexCool é indireta. Isto é, inferida através da variação destas variáveis e não diretamente pela TFD.

A carga da unidade é composta pelo alinhamento de correntes de GOP, RAT e RV, cujo conjunto é denominado carga escura, além de uma vazão de nafta, denominada carga clara. A tabela 1 descreve as correntes que compõem a carga da U-39.

Para a realização do teste na U-39, URFCC que utiliza 30% de *flushing*, calculou-se o valor necessário de FlexCool no inventário da unidade para redução de 7% do delta coque, projetando-se incorporar até 500 m³/d de RV puro na carga. As tecnologias que compunham o sistema catalítico da unidade não sofreram alteração para o teste. A relação JAM200/TOPAZ continuou em 75/25. Apenas o FlexCool foi adicionado³.

lectura de la flexibilidad operacional proporcionada por FlexCool es indirecta. O sea, inferida a través de la variación de estas variables y no directamente por la TFD.

La carga de la unidad es compuesta por el alineamiento de corrientes de GOP, RAT y RV, cuyo conjunto se denomina carga oscura, además de un flujo de nafta, denominada carga clara. La tabla 1 describe las corrientes que componen la carga de la U-39.

Para la realización del test en la U-39, URFCC que utiliza 30% de *flushing*, se calculó el valor necesario de FlexCool en el inventario de la unidad para reducción de 7% del delta coque, proyectando incorporar hasta 500 m³/d de RV puro en la carga. Las tecnologías que componían el sistema catalítico de la unidad no sufrieron alteración para el test. La relación JAM200/TOPAZ continuó en 75/25. Apenas FlexCool fue adicionado³.

³ Manuela Barreto, 2014 – Relatório Interno FCCSA. // Manuela Barreto, 2014 – Informe Interno FCCSA.

TABELA 1 // TABLA 1

Composição da carga da U-39 da RLAM.

Composición de la carga de la U-39 de la RLAM.

CARGA TOTAL		COMPOSIÇÃO / COMPOSICIÓN
Carga Escura / Oscura	GOP Puro	
	GOP Equivalente	GOP Puro + RAT
	RAT U-04	
	RV Puro	
	RV Equivalente	RV Puro + RAT
Carga Clara	Nafta DD	

Assim como na RPBC, na RLAM o teste foi dividido em etapas, as quais ocorreram ao longo de uma semana, chamada de “*SuperWeek FlexCool*”. O primeiro dia foi utilizado para estabilização da unidade, ajustando-a às condições iguais às do caso base; vide tabela 2 a seguir. Em uma primeira etapa o objetivo foi observar as folgas proporcionadas pelo FlexCool, operando a unidade nas mesmas condições que o caso base durante dois dias. A segunda etapa também ocorreu durante dois dias, quando testou-se a máxima injeção de RV puro na composição da carga, aproveitando as folgas obtidas na primeira etapa⁴. A FCCSA acompanhou presencialmente todas as etapas do teste, auxiliando a refinaria no que fosse necessário.

Así como en la RPBC, en la RLAM el test fue dividido en etapas, las cuales ocurrieron a lo largo de una semana, llamada de “*SuperWeek FlexCool*”. El primer día fue utilizado para estabilización de la unidad, ajustándola a las condiciones iguales a las del caso base; vid. tabla 2 a seguir. En una primera etapa el objetivo fue observar las holguras proporcionadas por FlexCool, operando la unidad en las mismas condiciones que el caso base durante dos días. La segunda etapa también ocurrió durante dos días, cuando se testeó la máxima inyección de RV puro en la composición de la carga, aprovechando las holguras obtenidas en la primera etapa⁴. FCCSA acompañó presencialmente todas las etapas del test, auxiliando la refinería en lo que fuera necesario.

⁴ EFFTING, M et al. Avaliação do FlexCool na U-39 da RLAM. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/TFCC, 2015. Comunicação Interna (CT PARCIAL TFCC 2015). // EFFTING, M et al. Evaluación de FlexCool en la U-39 de la RLAM. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/TFCC, 2015. Comunicación Interna (CT PARCIAL TFCC 2015).

TABELA 2 // TABLA 2

Condições operacionais do caso base e da primeira etapa.

Condiciones operacionales del caso base y de la primera etapa.

VARIÁVEL / VARIABLE	
TRX (°C)	540
TCC (°C)	270
TFD (°C)	709
Vazão / Flujo de carga total (m³/d)	11.200
Vazão / Flujo de RV equivalente (m³/d)	3.700
Vazão / Flujo de RAT (m³/d)	2.800
Água no riser / Agua en el riser	0
Reposição de catalisador / Reposición de catalizador (t/d) (*)	26

(*) Considerando Virgem/Virgen + Flushing

Fonte/Fuente: CT TFCC 2015



A tabela 3 mostra a comparação entre o caso base e a primeira etapa do teste com o FlexCool. Com as principais variáveis operacionais fixas, a comparação entre as demais variáveis foi possível e observou-se uma menor abertura da válvula do catcooler além de uma redução de 29% de sua carga térmica, para uma mesma TFD³. Pode-se constatar que para os dias com o FlexCool, o RCR esteve 0,4%p maior, sendo este mais um indicativo da folga proporcionada pelo FlexCool⁴.

Outro ponto a ser destacado foi a redução do rendimento de óleo decantado, em consequência de uma conversão 4 pontos maior para o dias com FlexCool. Porém, esta melhora de con-

La tabla 3 muestra la comparación entre el caso base y la primera etapa del test con FlexCool. Con las principales variables operacionales fijas, la comparación entre las demás variables fue posible y se observó una menor apertura de la válvula del catcooler además de una reducción de 29% de su carga térmica, para una misma TFD³. Se puede constatar que para los días con FlexCool, el RCR estuvo 0,4%p mayor, siendo este un indicativo más de la holgura proporcionada por FlexCool⁴.

Otro punto a ser destacado fue la reducción del rendimiento de aceite decantado, en consecuencia de una conversión 4 puntos mayor para los días con FlexCool. Sin embargo, esta mejora de conversión

³ anuela Barreto, 2014 – Informe Interno FCCSA.

⁴ EFFTING, M et al. Evaluación de FlexCool en la U-39 de la RLAM. Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/TFCC, 2015. Comunicación Interna (CT PARCIAL TFCC 2015).

TABELA 3 // TABLA 3

Variáveis operacionais e rendimentos da primeira etapa do teste.

Variables operacionales y rendimientos de la primera etapa del test.

SISTEMA CATALÍTICO		DELTA (SIRIUS FLEXCOOL – BASE)
Composição e Qualidade da Carga / Composición y Calidad de la Carga		
Carga Total	m³/d	22
Nafta Riser	m³/d	31
Vazão / Flujo RAT	m³/d	-9
Carga Escura	m³/d	0
% RV Puro	%	1,1
% RV Eq	%	0,4
RCR	%p	0,4
Condições Operacionais / Condiciones Operacionales		
TRX	°C	0,1
TCC	°C	0,1
TFD	°C	0
TFDil	°C	-0,4
Qualidade inventário / Calidad inventario		
Reposição / Reposición	t/d	1,1
Sódio / Sodio e-cat	%p	0,02
Ferro / Hierro e-cat	%p	0,16
Vanádio / Vanadio e-cat	ppm	-270

SISTEMA CATALÍTICO		DELTA (SIRIUS FLEXCOOL – BASE)
Níquel e-cat	ppm	589
Dados Energéticos do Regenerador / Datos Energéticos del Regenerador		
Carga Catcooler	MMBTU/h	-61
Abertura / Apertura Catcooler	%	-39
Vapor Catcooler	t/d	-935
Blower	t/d	545
Rendimentos Corrigidos / Rendimientos Corregidos		
Gás Combustível / Gas Combustible	%p	0,2
GLP	%p	2,0
Nafta	%p	1,3
LCO	%p	-1,2
Óleo / Aceite Decantado	%p	-2,8
Coque	%p	0,2
Conversão / Conversión	%p	4,0
Balanço / Balance	%p	3,7

Fonte\Fuente: CT TFCC 2015

versão não pode ser creditada diretamente ao FlexCool, pois este não interfere nas reações de craqueamento, mas pode ser explicada por uma maior circulação para manter a transferência de calor do regenerador para o *riser* igual, visto que a TRX e a TCC estavam fixas.

Com a folga alcançada no catcooler na primeira etapa do teste, a etapa seguinte pôde transcorrer conforme o planejado: máxima injeção de RV puro em detrimento de GOP puro, até alcançar novamente o limite operacional do *catcooler*. Os dados obtidos nesta etapa foram comparados com médias de dias do período base, cuja capacidade do catcooler também estivesse no limite operacional. A tabela 4 traz os dados referentes à segunda etapa do teste:

no puede ser acreditada directamente a FlexCool, pues este no interfiere en las reacciones de craqueo, pero puede ser explicada por una mayor circulación para mantener la transferencia de calor del regenerador para el *riser* igual, ya que la TRX y la TCC estaban fijas.

Con la holgura alcanzada en el catcooler en la primera etapa del test, la siguiente etapa puede transcurrir conforme lo planeado: máxima inyección de RV puro en detrimento de GOP puro, hasta alcanzar nuevamente el límite operacional del *catcooler*. Los datos obtenidos en esta etapa fueron comparados con medias de días del período base, cuya capacidad del catcooler también estuviese en el límite operacional. La tabla 4 trae los datos concernientes a la segunda etapa del test:

TABELA 4 // TABLA 4

Variáveis operacionais e rendimentos da segunda etapa do teste.

Variables operacionales y rendimientos de la segunda etapa del test.

SISTEMA CATALÍTICO		DELTA (SIRIUS FLEXCOOL – BASE)
Composição e Qualidade da Carga / Composición y Calidad de la Carga		
Carga Total	m³/d	62
Nafta <i>Riser</i>	m³/d	55
Vazão / Flujo RAT	m³/d	66
Carga Escura	m³/d	9
% RV Puro	%	5,3
% RV Eq	%	5,3
Densidade / Densidad	20/4	0,0043
RCR	%p	0,2
Condições Operacionais / Condiciones Operacionales		
TRX	°C	0,9
TCC	°C	9,7
TFD	°C	3,7
TFDil	°C	1,7
Qualidade inventário / Calidad inventario		
Reposição / Reposición	t/d	0,2
Sódio / Sodio e-cat	%p	0,0
Ferro / Hierro e-cat	%p	-0,03

SISTEMA CATALÍTICO		DELTA (SIRIUS FLEXCOOL – BASE)
Vanádio / Vanadio e-cat	ppm	
Níquel e-cat	ppm	-1.328
Dados Energéticos do Regenerador / Datos Energéticos del Regenerador		
Carga <i>Catcooler</i>	MMBTU/h	0
Abertura / Apertura <i>Catcooler</i>	%	-5
Vapor <i>Catcooler</i>	t/d	53
Blower	t/d	-166
Rendimentos Corrigidos / Rendimientos Corregidos		
Gás Combustível / Gas Combustible	%p	0,4
GLP	%p	-0,5
Nafta	%p	-0,6
LCO	%p	-0,3
Óleo / Aceite Decantado	%p	0,7
Coque	%p	0,3
Conversão / Conversión	%p	-0,5
Balanço / Balance	%p	0,3

Fonte/Fuente: CT TFCC 2015



Conforme exposto na tabela 4, os resultados obtidos foram favoráveis a utilização do FlexCool no sistema catalítico da URFCC da RLAM. Conseguiu-se aumentar a vazão de RV puro e equivalente, em detrimento de GOP, visto que a vazão total da carga manteve-se igual. O acréscimo de 5,3% de RV equivalente representou 545 m³/d a mais de carga escura⁴. Em termos de rendimentos dos produtos, esse acréscimo influenciou na conversão de fundos e na redução no rendimento de GLP e nafta. Porém, o ganho obtido com o aumento no processamento de RV foi superior à pequena perda de conversão, como já era esperado.

CONCLUSÃO

O teste da extensão tecnológica FlexCool na URFCC da RLAM foi considerado um sucesso, pois atendeu a demanda da refinaria em maximização de processamento de RV, cuja avaliação econômica final resultou num ganho de 1,3 milhões de dólares ao ano. Com este resultado e ainda com sobra de carga residual na refinaria, o FlexCool não só permaneceu no sistema catalítico, como também aumentou em 43% em relação a concentração anterior.

Em função da tendência de maior incorporação de RV na composição da carga da unidade, após a conclusão do teste de maior concentração de FlexCool, haverá o aumento de TOPAZ no sistema catalítico da unidade, passando para 50% TOPAZ (nova relação JAM200/TOPAZ), com o intuito de explorar essa tecnologia ideal para craqueamento de cargas pesadas em função da sua alta acessibilidade e excelentes resultados para conversão de fundos.

Conforme expuesto en la tabla 4, los resultados obtenidos fueron favorables a la utilización del FlexCool en el sistema catalítico de la URFCC de la RLAM. Se consiguió aumentar el flujo de RV puro y equivalente, en detrimento de GOP, ya que el flujo total de la carga se mantuvo igual. El incremento de 5,3% de RV equivalente representó 545 m³/d a más de carga oscura⁴. En términos de rendimientos de los productos, ese incremento influyó en la conversión de fondos y en la reducción en el rendimiento de GLP y nafta. Sin embargo la ganancia obtenida con el aumento en el procesamiento de RV fue superior a la pequeña pérdida de conversión, como ya era esperado.

CONCLUSIÓN

El test de la extensión tecnológica FlexCool en la URFCC de la RLAM fue considerado un éxito, pues atendió la demanda de la refinera en maximización de procesamiento de RV, cuya evaluación económica final resultó en una ganancia de 1,3 millones de dólares al año. Con este resultado y aún con sobra de carga residual en la refinera, FlexCool no sólo permaneció en el sistema catalítico, como también aumentó en 43% con relación a la concentración anterior.

En función de la tendencia de mayor incorporación de RV en la composición de la carga de la unidad, después de la conclusión del test de mayor concentración de FlexCool, habrá el aumento de TOPAZ en el sistema catalítico de la unidad, pasando para 50% TOPAZ (nueva relación JAM200/TOPAZ), con el intuito de explorar esa tecnología ideal para craqueo de cargas pesadas en función de su alta accesibilidad y excelentes resultados para conversión de fondos.

Adicionalmente, o FlexCool é testado nas duas UFCC's da REGAP. Numa unidade o objetivo do FlexCool é reduzir a TFD, que passou a atingir valores próximos ao limite operacional em função da piora na qualidade da carga, dificultando a reposição de catalisador virgem⁵; e na outra proporcionar flexibilidade operacional após a entrada do novo sistema catalítico, voltado para incrementar a produção de LCO para HDT com consequente maior produção de diesel S-10⁶.

Adicionalmente, FlexCool es testeado en las dos UFCC's de REGAP. En una unidad el objetivo de FlexCool es reducir la TFD, que pasó a alcanzar valores próximos al límite operacional en función de la empeora en la calidad de la carga, dificultando la reposición de catalizador virgen⁵; y en la otra proporcionar flexibilidad operacional después de la entrada del nuevo sistema catalítico, centrado para incrementar la producción de LCO para HDT con consequente mayor producción de diesel S-10⁶.

⁵ Gabriela Iris da Silva, 2014 – Informe Interno FCCSA.

⁶ Gabriela Iris da Silva, 2014 – Informe Interno FCCSA.

DADOS DO AUTOR DATOS DEL AUTOR

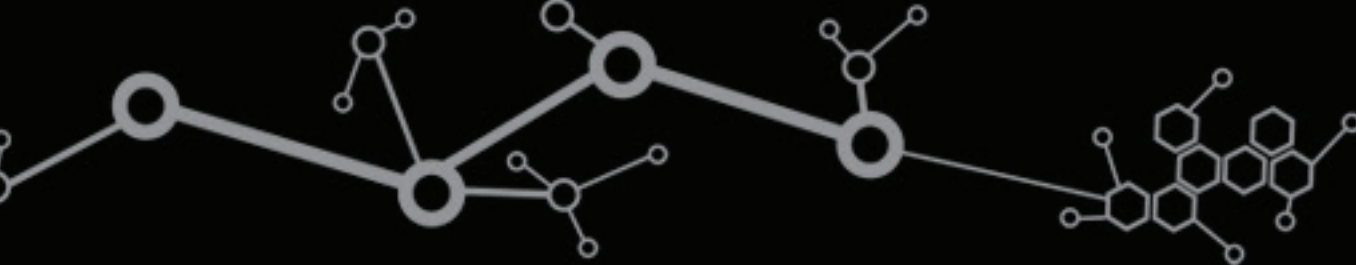


**Manuela Beatriz
Rinaldi Barreto**

Formada em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em Julho de 2011. Atual aluna de mestrado em Ciências e Tecnologia dos Materiais pela Universidade Estadual da Zona Oeste (UEZO). Iniciou sua vida profissional na Fábrica Carioca de Catalisadores, FCCSA, como estagiária da Gerência de Marketing (GMKT) de Janeiro de 2010 a Junho de 2011. Desde Agosto de 2011 trabalha na FCCSA, como Engenheira de Serviços Técnicos atendendo às refinarias Petrobras.

Graduada en Ingeniería Química por la Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) en Julio de 2011. Actual alumna de maestría en Ciencias y Tecnología de los Materiales por la Universidad Estadual de la Zona Oeste (UEZO). Empezó su vida profesional en Fábrica Carioca de Catalisadores, FCCSA, como practicante de la Gerencia de Marketing (GMKT) de enero de 2010 a Junio de 2011. Desde Agosto de 2011 trabaja en FCCSA, como Ingeniera de Servicios Técnicos atendiendo a las refinerías Petrobras.





Desenvolvimento de novos catalisadores: o papel da microscopia eletrônica

A catálise heterogênea é um dos mais importantes ramos da nanotecnologia, porque ela ocorre em superfícies de sólidos e de nanopartículas, que são estruturas de dimensões nanométricas. A eficiência de catalisadores depende da geometria, da composição química e de propriedades ácido-base e eletrônicas das suas superfícies. Portanto, o desenvolvimento de novos catalisadores, criados para se obter os rendimentos e seletividades desejados, se beneficia do conhecimento sobre a sua morfologia e microquímica.

Desarrollo de nuevos catalizadores: el papel de la microscopía electrónica

La catálisis heterogénea es una de las más importantes ramas de la nanotecnología, porque esta ocurre en superficies de sólidos y de nanopartículas, que son estructuras de dimensiones nanométricas. La eficiencia de catalizadores depende de la geometría, de la composición química y de propiedades ácido-base y electrónicas de sus superficies. Por lo tanto, el desarrollo de nuevos catalizadores, creados para obtener los rendimientos y selectividades deseados, se beneficia del conocimiento sobre su morfología y microquímica.



Os catalisadores são materiais de grande complexidade estrutural, portanto sua descrição morfológica representa um formidável desafio científico. As técnicas de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) analítica são, hoje, um conjunto de ferramentas de notável valor para a pesquisa em catálise. Essas técnicas proporcionam uma grande quantidade de informações, começando pela visualização direta das partículas, que informa sobre seus formatos e tamanhos. Além disso, os microscópios também são usados para se fazer difração de elétrons, que permite a determinação das estruturas cristalinas existentes no catalisador.

Mais ainda, os microscópios de transmissão tornaram-se as principais ferramentas microquímicas da atualidade, sendo equipados com dois tipos de espectrômetros: os de Raios-X e os de elétrons. Os primeiros analisam a radiação emitida pela amostra, fornecendo um espectro dos Raios-X emitidos (na sigla em inglês, XEDS) o que permite a imediata análise elementar, revelando os componentes químicos presentes. Já os espectrômetros de elétrons são usados para se separar os elétrons que perdem uma parte da sua energia ao atravessarem a amostra, o que é chamado de espalhamento inelástico. Essa informação é resumida em um espectro de perda de energia dos elétrons, cuja sigla em inglês é EELS. Um espectro deste tipo é riquíssimo em informações: permite a análise elementar da amostra e também informa sobre o ambiente químico em que se encontra cada elemento, o que não se consegue dos espectros XEDS.

A mais notável, entre as capacidades analíticas de um microscópio eletrônico, é que toda a informação sobre difração e espectroscopia da amostra é obtida com resolução espacial, isto é: não se observa apenas se a amostra contém ou não um certo elemento, por exemplo, carbono ou ferro. Observa-se também, com resolução

Los catalizadores son materiales de gran complejidad estructural, por lo tanto su descripción morfológica representa un formidable desafío científico. Las técnicas de microscopía electrónica de transmisión (TEM) analítica son, hoy, un conjunto de herramientas de notable valor para la investigación en catálisis. Esas técnicas proporcionan una gran cantidad de informaciones, empezando por la visualización directa de las partículas, que informa sobre sus formatos y tamaños. Además, los microscopios también son usados para hacer difracción de electrones, que permite la determinación de las estructuras cristalinas existentes en el catalizador.

Los microscopios de transmisión se volvieron las principales herramientas microquímicas de la actualidad, siendo equipados con dos tipos de espectrómetros: los de rayos X y los de electrones. Los primeros analizan la radiación emitida por la muestra, proporcionando un espectro de los rayos X emitidos (en la sigla en inglés, XEDS) lo que permite el inmediato análisis elemental, revelando los componentes químicos presentes. Ya los espectrómetros de electrones son usados para separar los electrones que pierden una parte de su energía al atravesar la muestra, lo que se llama de dispersión inelástica. Esa información es resumida en un espectro de pérdida de energía de los electrones, cuya sigla en inglés es EELS. Un espectro de este tipo es riquísimo en informaciones: permite el análisis elemental de la muestra y también informa sobre el ambiente químico en que se encuentra cada elemento, lo que no se consigue de los espectros XEDS.

La más notable, entre las capacidades analíticas de un microscopio electrónico, es que toda la información sobre difracción y espectroscopia de la muestra es obtenida con resolución espacial, es decir: no se observa apenas si la muestra contiene o no un cierto elemento, por ejemplo, carbono o hierro. Se observa también,

manométrica, onde os elementos ou mesmo moléculas estão localizados, como cada um deles está distribuído. O microscopista obtém mapas composicionais quantitativos, quando domina e aplica os melhores procedimentos hoje disponíveis. Além dessa capacidade de investigação na nanoescala de tamanhos, as técnicas de microscopia eletrônica também são usadas para observação e análise de áreas micrométricas dos catalisadores, que podem incluir um grande número de partículas, garantindo assim descrições morfológicas com significado estatístico. É sempre perigoso observar apenas algumas partículas, isso pode não ser representativo.

O crescente interesse nestas novas técnicas cria uma demanda por material de estudo. Um exemplo recente é o número especial do periódico científico *ChemCatChem* dedicado ao tema *Advanced Electron Microscopy for Catalysis*¹, mostrando novas aplicações de microscopia eletrônica em catálise. A seguir, serão descritos alguns exemplos de contribuições de técnicas de microscopia eletrônica para o entendimento da estrutura e desempenho de diferentes tipos de catalisadores heterogêneos, abrindo novas oportunidades para a inovação em catálise.

DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE PARTÍCULAS.

Os catalisadores para células a combustível da empresa E-Tek são comumente usados como referência de alto desempenho, no desenvolvimento de novos catalisadores de Pt. Apesar disso, não há consenso nas descrições da morfologia desses catalisadores, na literatura. A técnica de difração de raios-X (XRD) é comumente usada na análise estrutural de nanopartículas

con resolución manométrica, donde los elementos o incluso moléculas están localizados, como cada uno de ellos está distribuido. El microscopista obtiene mapas composicionales cuantitativos, cuando domina y aplica los mejores procedimientos disponibles hoy. Además de esa capacidad de investigación en la nanoescala de tamaños, las técnicas de microscopía electrónica también son usadas para observación y análisis de áreas micrométricas de los catalizadores, que pueden incluir un gran número de partículas, garantizando así descripciones morfológicas con significado estadístico. Siempre es peligroso observar apenas algunas partículas, eso puede no ser representativo.

El creciente interés en estas nuevas técnicas crea una demanda por material de estudio. Un ejemplo reciente es el número especial del periódico científico *ChemCatChem* dedicado al tema *Advanced Electron Microscopy for Catalysis*¹, mostrando nuevas aplicaciones de microscopía electrónica en catálisis. A seguir, serán descritos algunos ejemplos de contribuciones de técnicas de microscopía electrónica para el entendimiento de la estructura y desempeño de diferentes tipos de catalizadores heterogéneos, abriendo nuevas oportunidades para la innovación en catálisis.

DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE PARTÍCULAS.

Los catalizadores para células a combustible de la empresa E-Tek son comúnmente usados como referencia de alto desempeño, en el desarrollo de nuevos catalizadores de Pt. A pesar de eso, no hay consenso en las descripciones de la morfología de esos catalizadores, en la literatura. La técnica de difracción de rayos X (XRD) es comúnmente usada en el análisis estructural de nanopartículas

¹ Su, D. S. *ChemCatChem* 5, 2543–2545 (2013).

metálicas suportadas. Entretanto, ela fornece apenas informações médias sobre a população total de partículas e não é sensível a partículas na faixa de poucos nanômetros. Por essas razões, XRD fornece medidas de tamanho médio sobrestimadas, para amostras com uma ampla distribuição de tamanhos².

A empresa fornece catalisadores de Pt suportada em carbono, com diferentes teores de Pt. Ao realizar experimentos de eletro-oxidação de monóxido de carbono, o grupo de eletrocatalise do IQSC-USP observou um complexo efeito do teor de Pt. No Gráfico 1, voltamogramas de oxidação de CO para diferentes catalisadores desse tipo mostram picos de oxidação em diferentes potenciais, resumidos na Tabela. O pico de oxidação I não aparece quando se usa catalisador com 10% de platina e, usando-se outros com maior teor, a amplitude do pico I aumenta com o aumento do teor de platina, que também causa a diminuição no potencial de oxidação do pico II e a diminuição na sua amplitude.

metálicas suportadas. Sin embargo, esta provee apenas informaciones medias sobre la población total de partículas y no es sensible a partículas en el rango de pocos nanómetros. Por esas razones, XRD provee medidas de tamaño medio sobrestimadas, para muestras con una amplia distribución de tamaños².

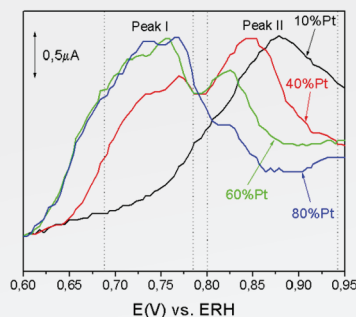
La empresa provee catalizadores de Pt soportada en carbono, con diferentes tenores de Pt. Al realizar experimentos de electro-oxidación de monóxido de carbono, el grupo de electrocatalisis de IQSC-USP observó un complejo efecto del tenor de Pt. En el Gráfico 1, voltamogramas de oxidación de CO para diferentes catalizadores de ese tipo muestran picos de oxidación en diferentes potenciales, resumidos en la Tabla. El pico de oxidación I no aparece cuando se usa catalizador con 10% de platino y, usando otros con mayor tenor, la amplitud del pico I aumenta con el aumento del tenor de platino, que también causa la disminución en el potencial de oxidación del pico II y la disminución en su amplitud.

² Vogel, W. J. Phys. Chem. C 112, 13475–13482 (2008).

GRÁFICO 1 // GRÁFICO 1

Voltamogramas de oxidação de CO obtido usando-se catalisadores de Pt/C e potenciais de oxidação observados para cada catalisador.

Voltamogramas de oxidación de CO obtenido usando catalizadores de Pt/C y potenciales de oxidación observados para cada catalizador.



CO oxidation potential.

	Peak I (mV)	Peak II (mV)
10%Pt	–	878
40%Pt	737; 769	847
60%Pt	728; 757	823
80%Pt	740; 767	818

Na Tabela 1 estão os tamanhos médios de partículas determinados por XRD, publicados por pesquisadores da E-Tek³, mostrando o aumento no tamanho médio das partículas com o aumento do teor de Pt no catalisador. Essa informação não basta para se discutir o comportamento eletrocatalítico mostrado no Gráfico 1 e não há nenhuma explicação razoável para se entender a ausência do pico de oxidação I no catalisador com 10% Pt, nem a diminuição do potencial de oxidação do pico II com o aumento da carga metálica dos catalisadores.

A microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução (HR-TEM) fornece uma descrição completa da distribuição de tamanhos de partículas, medindo cada uma delas, nas imagens. Na ima-

En la Tabla 1 están los tamaños medios de partículas determinados por XRD, publicados por investigadores de E-Tek³, mostrando el aumento en el tamaño medio de las partículas con el aumento del tenor de Pt en el catalizador. Esa información no basta para discutir el comportamiento electrocatalítico mostrado en el Gráfico 1 y no hay ninguna explicación razonable para entender la ausencia del pico de oxidación I en el catalizador con 10% Pt, ni la disminución del potencial de oxidación del pico II con el aumento de la carga metálica de los catalizadores.

La microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HR-TEM) provee una descripción completa de la distribución de tamaños de partículas, midiendo cada una de ellas, en las

³ Tsou, Y. M., Cao, L., De Castro, E. ACS Div. Fuel Chem. Prepr. 49, 679–680 (2004).

TABELA 1 // TABLA 1

Tamanhos médios dos catalisadores de Pt/C E-Tek com as cargas metálicas indicadas, medidos usando XRD³ e HR-TEM, além de dados estatísticos básicos sobre as medidas feitas nas imagens de HR-TEM.

Tamaños medios de los catalizadores de Pt/C E-Tek con las cargas metálicas indicadas, medidos usando XRD³ y HR-TEM, además de datos estadísticos básicos sobre las medidas hechas en las imágenes de HR-TEM.

	XRD ³ (nm)	HRTEM (nm)				
	Mean size	Mean size	Std. deviation	Maximum size	Minimum size	Range
10%Pt	2.2	2.2	0.6	4.9	1.1	3.8
20%Pt	2.5	3.1	1.4	13.5	0.9	12.6
30%Pt	3.2	3.8	2.2	16.1	0.9	15.2
40%Pt	6.4	4.5	3.2	52.9	1.4	51.5
60%Pt	8.8	7.1	5.7	51.5	1.8	49.7
80%Pt	25.0	10.4	18.7	120.4	0.9	119.5



gem do catalisador com 80% Pt, na Figura 1, vemos as partículas como sendo as regiões mais escuras e com formato regular, depositadas sobre o suporte de carbono. Observa-se a coexistência de nanopartículas de poucos nanômetros com partículas muito maiores, de poucas dezenas de nanômetros e também com agregados de partículas.

Para uma determinação estatisticamente significativa da distribuição de tamanhos das partículas nesses catalisadores, muitas imagens foram adquiridas tornando possível a realização

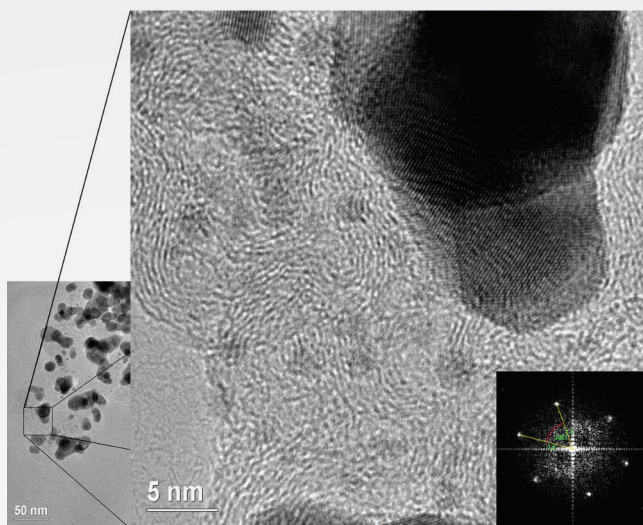
imágenes. En la imagen del catalizador con 80% Pt, en la Figura 1, vemos las partículas como siendo las regiones más oscuras y con formato regular, depositadas sobre el soporte de carbono. Se observa la coexistencia de nanopartículas de pocos nanómetros con partículas mucho mayores, de pocas decenas de nanómetros y también con agregados de partículas.

Para una determinación estadísticamente significativa de la distribución de tamaños de las partículas en esos catalizadores, muchas imágenes fueron adquiridas haciendo posible la realización

FIGURA 1 // FIGURA 1

Imagem de microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução da área do catalisador Pt/C E-Tek 80% indicada na imagem de baixa resolução. No detalhe, o difratograma de partículas individuais mostra a estrutura cristalina do tipo cúbica de face centrada (FCC) da platina.

Imagen de microscopía electrónica de transmisión de alta resolución del área del catalizador Pt/C E-Tek 80% indicada en la imagen de baja resolución. En el detalle, el difratograma de partículas individuales muestra la estructura cristalina del tipo cara cúbica centrada del platino.



de medidas de tamanho de pelo menos 500 partículas de cada catalisador e organizando os valores obtidos nos histogramas mostrados no Gráfico 2.

Os catalisadores com maiores teores de platina têm uma população significativa de partículas grandes e de grandes agregados de partículas, ao lado de populações majoritárias de nanopartículas entre 1 e 4 nm. Por outro lado, as partículas do catalisador com 10% de Pt tem tamanho entre 1 e 4 nm. Como esse também foi o único catalisador que não apresentou o pico II

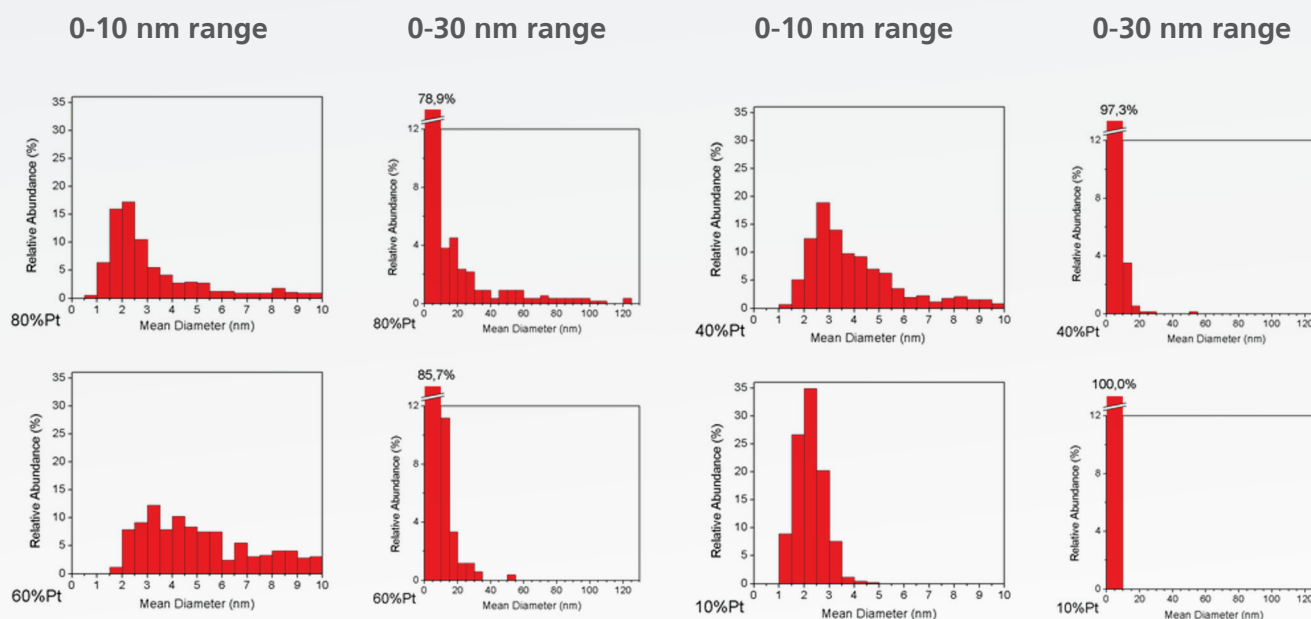
de medidas de tamaño de por lo menos 500 partículas de cada catalizador y organizando los valores obtenidos en los histogramas mostrados en el Gráfico 2.

Los catalizadores con mayores tenores de platino tienen una población significativa de partículas grandes y de grandes agregados de partículas, al lado de poblaciones mayoritarias de nanopartículas entre 1 y 4 nm. Por otro lado, las partículas del catalizador con 10% de Pt tiene tamaño entre 1 y 4 nm. Como ese también fue el único catalizador que no presentó el pico II de

GRÁFICO 2 // GRÁFICO 2

Histogramas de distribuição de tamanhos das partículas dos catalisadores Pt/C E-Tek. Os histogramas da esquerda mostram apenas a distribuição de tamanhos medidos entre 0 e 10 nm e os histogramas da direita mostram a distribuição completa, até 130 nm.

Histogramas de distribución de tamaños de las partículas de los catalizadores Pt/C E-Tek. Los histogramas de la izquierda muestran apenas la distribución de tamaños medidos entre 0 y 10 nm y los histogramas de la derecha muestran la distribución completa, hasta 130 nm.





de oxidação de CO visto no Gráfico 1, podemos levantar a hipótese de que a oxidação de CO no potencial do pico I está associada à oxidação de CO sobre as nanopartículas pequenas, que tem muitos defeitos de superfície^{4,5}. Seria impossível relacionar a especificidade da atividade catalítica com tamanhos de partículas, usando apenas os dados de difração de Raios-X ou qualquer outra técnica de difração ou espectroscópica.

DETERMINAÇÃO DA HETEROGENEIDADE COMPOSICIONAL ENTRE PARTÍCULAS E DESCRIÇÃO DE DOMÍNIOS COMPOSICIONAIS DENTRO DE PARTÍCULAS INDIVIDUAIS.

Nanopartículas bimetálicas de ouro-paládio (AuPd NPs) mostram atividade catalítica superior à dos catalisadores monometálicos de Au e de Pd⁶. Entretanto, não se pode esquecer as diferentes distribuições de domínios metálicos que as partículas bimetálicas podem apresentar: podem ser ligas metálicas homogêneas (AB) ou

oxidación de CO visto en el Gráfico 1, podemos levantar la hipótesis de que la oxidación de CO en el potencial del pico I está asociada a la oxidación de CO sobre las nanopartículas pequeñas, que tiene muchos defectos de superficie^{4,5}. Sería imposible relacionar la especificidad de la actividad catalítica con tamaños de partículas, usando apenas los datos de difracción de Rayos-X o cualquier otra técnica de difracción o espectroscópica.

DETERMINACIÓN DE LA HETEROGENEIDAD COMPOSICIONAL ENTRE PARTÍCULAS Y DESCRIPCIÓN DE DOMINIOS COMPOSICIONALES DENTRO DE PARTÍCULAS INDIVIDUALES.

Nanopartículas bimetálicas de oro-paladio (AuPd NPs) muestran actividad catalítica superior a la de los catalizadores monometálicos de Au y de Pd⁶. Sin embargo, no se puede olvidar las diferentes distribuciones de dominios metálicos que las partículas bimetálicas pueden presentar: pueden ser aleaciones homogêneas (AB) o pueden tener

⁴ Bergamaski, K., Pinheiro, A. L. N., Teixeira-Neto, E., Nart, F. C. J. Phys. Chem. B 110, 19271–19279 (2006).

⁵ Camara, G. a., Gomes, J. F., Bergamaski, K., Teixeira-Neto, E., Nart, F. C. J. Electroanal. Chem. 617, 171–178 (2008).

⁶ Silva, T. A. G., Teixeira Neto, E., López, N., Rossi, L. M. Sci. Rep. 4, 5766 (2014).

podem ter os metais separados, por exemplo formando nanopartículas do tipo carço-casca ($A_{\text{carço}}@B_{\text{casca}}$ ou $B_{\text{carço}}@A_{\text{casca}}$). Au e Pd são miscíveis em praticamente todas as composições, mas está bem documentado que a composição da superfície de nanopartículas de ligas de AuPd difere da sua composição nominal. Diferentes trabalhos publicados na literatura discordam entre si, apontando nanopartículas de AuPd com diferentes razões molares como sendo as mais ativas para a catálise da oxidação do álcool benzílico. Esse problema foi atacado, sintetizando nanopartículas $Au_{\text{carço}}@Pd_{\text{casca}}$ com razões atômicas e determinando sua atividade e seletividade catalíticas.

A preparação das nanopartículas bimetálicas de Au@Pd se baseou na redução de quantidades variáveis de paládio sobre nanopartículas de ouro pré-formadas (Au NPs), usadas como sementes com diâmetro de $12,0 \text{ nm} \pm 3,2 \text{ nm}$. Foram preparadas amostras com composições variando entre 1 e 40% em mol de Pd relativo

los metales separados, por ejemplo formando nanopartículas del tipo núcleo-cáscara ($A_{\text{núcleo}}@B_{\text{cáscara}}$ o $B_{\text{núcleo}}@A_{\text{cáscara}}$). Au y Pd son miscibles en prácticamente todas las composiciones, pero está bien documentado que la composición de la superficie de nanopartículas de aleaciones de AuPd difiere de su composición nominal. Diferentes trabajos publicados en la literatura discuerdan entre sí, apuntando nanopartículas de AuPd con diferentes razones molares como siendo las más activas para la catálisis de la oxidación del alcohol bencílico. Ese problema fue atacado, sintetizando nanopartículas $Au_{\text{núcleo}}@Pd_{\text{cáscara}}$ con razones atómicas y determinando su actividad y selectividad catalíticas.

La preparación de las nanopartículas bimetálicas de Au@Pd se basó en la reducción de cantidades variables de paladio sobre nanopartículas de oro preformadas (Au NPs), usadas como semillas con diámetro de $12,0 \text{ nm} \pm 3,2 \text{ nm}$. Fueron preparadas muestras con composiciones variando entre 1 y 40% en mol de Pd relativo al núcleo de Au,



ao caroço de Au, correspondendo a 0 a 4 camadas monoatômicas de Pd depositado sobre os caroços de Au. A oxidação aeróbica de álcool benzílico foi usada como reação modelo para investigar a atividade e seletividade dos nanocatalisadores de Au@Pd, mostradas no Gráfico 3.

A atividade catalítica depende, de uma forma complexa, da quantidade de paládio na casca das partículas, com um máximo bem pronunciado, a cerca de 10% de Pd. Por outro lado, a seletividade para formação de benzaldeído foi apenas ligeiramente afetada pelo conteúdo de Pd.

O catalisador mais ativo foi investigado por TEM e espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (XEDS) para se entender esse comportamento.

O XEDS da partícula com formato de losango no Gráfico 4 foi analisado, seus picos foram identificados e o processamento dos dados forneceu

correspondiendo a 0 a 4 camadas monoatômicas de Pd depositado sobre los núcleos de Au. La oxidación aeróbica de alcohol benzílico fue usada como reacción modelo para investigar la actividad y selectividad de los nanocatalizadores de Au@Pd, mostradas en el Gráfico 3.

La actividad catalítica depende, de una forma compleja, de la cantidad de paladio en la cáscara de las partículas, con un máximo bien pronunciado, a cerca de 10% de Pd. Por otro lado, la selectividad para formación de benzaldeído fue afectada un poco apenas por el contenido de Pd.

El catalizador más activo fue investigado por TEM y espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (XEDS) para entender ese comportamiento.

El XEDS de la partícula con formato de rombo en el Gráfico 4 fue analizado, sus picos fueron identificados y el procesamiento de los datos

GRÁFICO 3 // GRÁFICO 3

Atividade e seletividade de catalisadores de Au@Pd caroço-casca na reação de oxidação do álcool benzílico. O caroço de Au é mantido fixo (3,4 μmol), com cascas de Pd de espessuras variáveis (0 a 40 % em mol, 0 a 1,4 μmol) nos diferentes catalisadores. (Figura adaptada da ref. 6).

Actividad y selectividad de catalizadores de Au@Pd núcleo-cáscara en la reacción de oxidación del alcohol benzílico. El núcleo de Au se mantiene fijo (3,4 μmol), con cáscaras de Pd de espesuras variables (0 a 40 % en mol, 0 a 1,4 μmol) en los diferentes catalizadores. (Figura adaptada de la ref. 6).

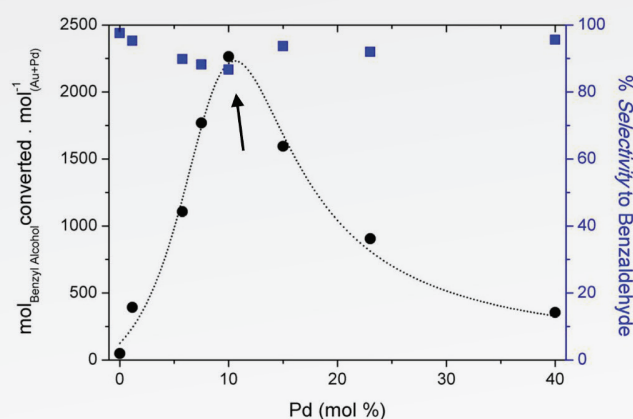
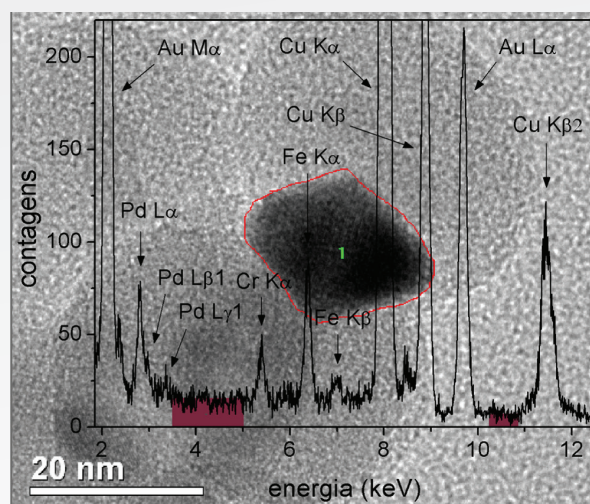


GRÁFICO 4 // GRÁFICO 4

Imagem de microscopia eletrônica de transmissão de partícula de Au@Pd caroço-casca e respectivo espectro de energia dispersiva de raios-X, mostrando os picos relativos aos componentes.

Imagen de microscopia electrónica de transmisión de partícula de Au@Pd núcleo-cáscara y respectivo espectro de energía dispersiva de rayos X, mostrando los picos relativos a los componentes.



o teor de Pd, igual a $10,2 \pm 6,7$ %. No Gráfico 5 observa-se ainda, dentro dessa população, que as menores partículas contêm proporcionalmente mais Pd, o que é uma evidência da formação de uma casca de Pd nas partículas.

A distribuição dos componentes metálicos dentro de cada partícula foi investigada usando a técnica de *Spectrum Imaging* de XEDS (XEDS-SI) no STEM. A Figura 2 mostra uma imagem de STEM de uma partícula de catalisador e os respectivos mapas elementares de Au e Pd. Nos mapas elementares, a intensidade de brilho em cada píxel representa a quantidade do elemento mapeado, normalizada. O mapa de Au mostra que esse elemento está distribuído por toda a partícula, resultando em um perfil de linha com formato hemisférico. Uma situação diferente é observada para a distribuição de Pd: o número de contagens de Raios-X aumenta abruptamente nas bordas das partículas e mantém-se aproximadamente constante no restante. Portanto,

proveu o teor de Pd, igual a $10,2 \pm 6,7$ %. En el Gráfico 5 se observa aún, dentro de esa población, que las menores partículas contienen proporcionalmente más Pd, lo que es una evidencia de la formación de una cáscara de Pd en las partículas.

La distribución de los componentes metálicos dentro de cada partícula fue investigada usando la técnica de *Spectrum Imaging* de XEDS (XEDS-SI) en el STEM. La Figura 2 muestra una imagen de STEM de una partícula de catalizador y los respectivos mapas elementares de Au y Pd. En los mapas elementares, la intensidad de brillo en cada píxel representa la cantidad del elemento mapeado, normalizada. El mapa de Au muestra que ese elemento está distribuido por toda la partícula, resultando en un perfil de línea con formato hemisférico. Una situación diferente es observada para la distribución de Pd: el número de conteos de rayos X aumenta abruptamente en los bordes de las partículas y se mantiene aproximadamente constante en el resto. Por lo

GRÁFICO 5 // GRÁFICO 5

Gráfico de dispersão correlacionando o percentual de Pd medido para as partículas e seu tamanho. O detalhe mostra a faixa de energias contendo o pico de Pd L α e os parâmetros usados nas medidas de composição das partículas estão discutidos na referência 6.

Gráfico de dispersión correlacionando el porcentual de Pd medido para las partículas y su tamaño. El detalle muestra el rango de energías conteniendo el pico de Pd L α y los parámetros usados en las medidas de composición de las partículas están discutidos en la referencia 6.

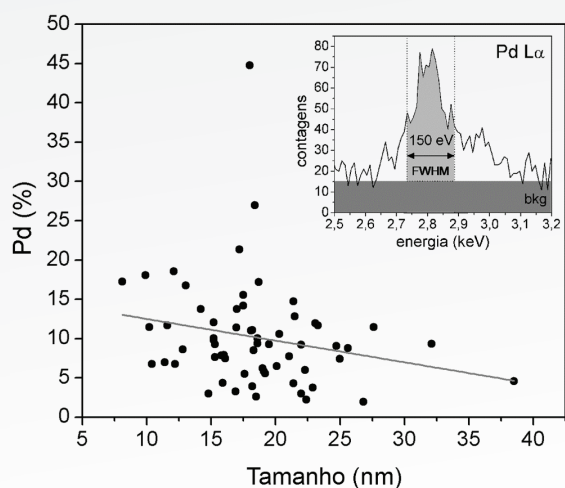
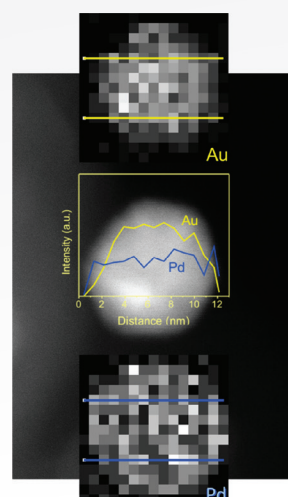


FIGURA 2 // FIGURA 2

Imagem de contraste Z, de microscopia eletrônica de transmissão por varredura (STEM), de uma partícula de 10:1 Au@Pd suportada e respectivos mapas composicionais. A distribuição de composição da partícula é observada nos perfis de linha, medidos das regiões delimitadas pelas linhas em ambos os mapas.

Imagen de contraste Z, de microscopía electrónica de transmisión por barrido (STEM), de una partícula de 10:1 Au@Pd soportada y respectivos mapas composicionales. La distribución de composición de la partícula es observada en los perfiles de línea, medidos de las regiones delimitadas por las líneas en ambos mapas.





os mapas de composição mostram que as partículas investigadas são formadas por um caroço de Au coberto por uma casca rica em Pd.

Considerando que os átomos de Pd encontram-se principalmente na superfície dos caroços de Au, como foi observado na Figura 2, a composição nominal do catalisador mais ativo (89,9% Au e 9,1 % Pd) é a requerida para o recobrimento completo dos núcleos de Au ($d = 12,0 \pm 3,2$ nm) com uma monocamada atômica de Pd.⁶

DETERMINAÇÃO DE MUDANÇAS ESTRUTURAIS EM NANOPARTÍCULAS INDIVIDUAIS INDUZIDAS POR REAÇÕES QUÍMICAS.

Mudanças estruturais podem ocorrer no catalisador durante as reações químicas e são uma das causas mais importantes dos processos de ativação ou desativação do seu desempe-

tanto, los mapas de composición muestran que las partículas investigadas son formadas por un núcleo de Au cubierto por una cáscara rica en Pd.

Considerando que los átomos de Pd se encuentran principalmente en la superficie de los núcleos de Au, como fue observado en la Figura 2, la composición nominal del catalizador más activo (89,9% Au y 9,1 % Pd) es la requerida para el recubrimiento completo de los núcleos de Au ($d = 12,0 \pm 3,2$ nm) con una monocamada atômica de Pd⁶.

DETERMINACIÓN DE CAMBIOS ESTRUCTURALES EN NANOPARTÍCULAS INDIVIDUALES INDUCIDAS POR REACCIONES QUÍMICAS.

Cambios estructurales pueden ocurrir en el catalizador durante las reacciones químicas y son una de las causas más importantes de los procesos de activación o desactivación de su

⁶ Silva, T. A. G., Teixeira Neto, E., López, N., Rossi, L. M. Sci. Rep. 4, 5766 (2014).

inho. Nanopartículas metálicas podem tanto se agregar quanto se dispersar sobre a superfície do suporte, dependendo das condições da reação. Quando tratamos de catalisadores bimetálicos, há ainda a possibilidade de mudanças morfológicas dentro de nanopartículas individuais, que podem mudar a composição/estrutura da superfície das partículas e, com isso, modificar seu desempenho catalítico. Nesse trabalho, investigamos o desenvolvimento da morfologia de nanocatalisadores bimetálicos induzida pela reação de oxidação de CO, como parte do desenvolvimento do projeto “Morfologia e Morfogênese de Catalisadores Heterogêneos Bimetálicos com Arquiteturas Planejadas” (Processo Fapesp 2013/11298-0). Nesse trabalho, combinamos microscopia eletrônica e a espectroscopia de emissão de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS), outra técnica muito usada no estudo de catalisadores, examinando nanopartículas bimetálicas de AuPd (1:1) suportadas em TiO_2 , preparadas nesse laboratório⁷.

desempeño. Nanopartículas metálicas pueden tanto agregarse como dispersarse sobre la superficie del soporte, dependiendo de las condiciones de la reacción. Cuando tratamos de catalizadores bimetálicos, además hay la posibilidad de cambios morfológicos dentro de nanopartículas individuales, que pueden cambiar la composición/estructura de la superficie de las partículas y, con eso, modificar su desempeño catalítico. En ese trabajo, investigamos el desarrollo de la morfología de nanocatalizadores bimetálicos inducida por la reacción de oxidación de CO, como parte del desarrollo del proyecto “Morfología y Morfogénesis de Catalizadores Heterogéneos Bimetálicos con Arquitecturas Planeadas” (Proceso Fapesp 2013/11298-0). En ese trabajo, combinamos microscopía electrónica y la espectroscopia de emisión de fotoelectrones excitados por rayos X (XPS), otra técnica muy usada en el estudio de catalizadores, examinando nanopartículas bimetálicas de AuPd (1:1) soportadas en TiO_2 , preparadas en ese laboratorio⁷.

⁷ Teixeira-Neto, A.A., Gonçalves, R.V., Rodella, C.B., Rossi, L.M., Teixeira-Neto, E. (artigo em preparação).



A reação de oxidação de CO é considerada uma reação modelo para catalisadores heterogêneos devido a sua relativa simplicidade: a adsorção dissociativa de O_2 é a etapa determinante da velocidade de reação, o CO_2 é o único produto formado e a interação das moléculas do produto CO_2 com a superfície do catalisador é muito mais fraca que a do reagente CO. O Gráfico 6 mostra resultados de experimentos de oxidação de CO realizados utilizando três rampas de aquecimento do reator, sob fluxo de CO, O_2 e Ar, seguido de resfriamento sob Ar. Na primeira rampa, obtém-se 50% de conversão de CO a $190^\circ C$, na segunda a $195^\circ C$ e na terceira a $199^\circ C$, mostrando a gradual desativação do catalisador. Qual é a causa da desativação? Uma hipótese é que ocorram mudanças estruturais no próprio catalisador, incluindo mudanças na composição química da sua superfície.

A composição da superfície do catalisador foi analisada por XPS depois de cada rampa de aquecimento de oxidação de CO. No Gráfico 7,

La reacción de oxidación de CO es considerada una reacción modelo para catalizadores heterogéneos debido a su relativa simplicidad: la adsorción dissociativa de O_2 es la etapa determinante de la velocidad de reacción, el CO_2 es el único producto formado y la interacción de las moléculas del producto CO_2 con la superficie del catalizador es mucho más débil que la del reactivo CO. El Gráfico 6 muestra resultados de experimentos de oxidación de CO realizados utilizando tres rampas de calentamiento del reactor, bajo flujo de CO, O_2 y Ar, seguido de enfriamiento bajo Ar. En la primera rampa, se obtiene 50% de conversión de CO a $190^\circ C$, en la segunda a $195^\circ C$ y en la tercera a $199^\circ C$, mostrando la gradual desactivación del catalizador. ¿Cuál es la causa de la desactivación? Una hipótesis es que ocurran cambios estructurales en el propio catalizador, incluyendo cambios en la composición química de su superficie.

La composición de la superficie del catalizador fue analizada por XPS después de cada rampa de calentamiento de oxidación de CO. En el Gráfico 7,

GRÁFICO 6 // GRÁFICO 6

Oxidação de CO medida em três rampas de aquecimento consecutivas sobre catalisador de $AuPd/TiO_2$. Observa-se o aumento na temperatura de ativação do catalisador.

Oxidación de CO medida en tres rampas de calentamiento consecutivas sobre catalizador de $AuPd/TiO_2$. Se observa el aumento en la temperatura de activación del catalizador.

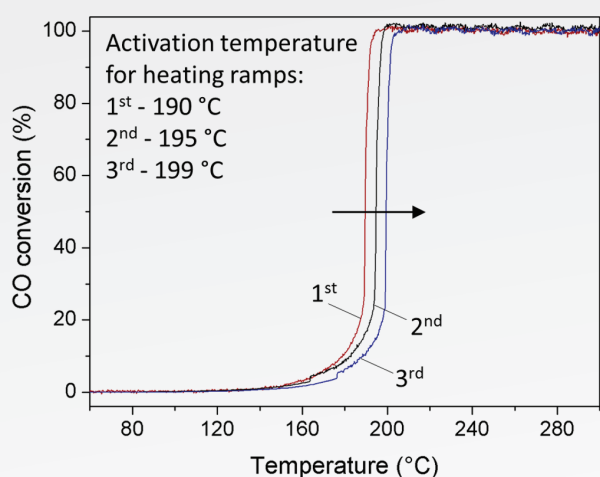
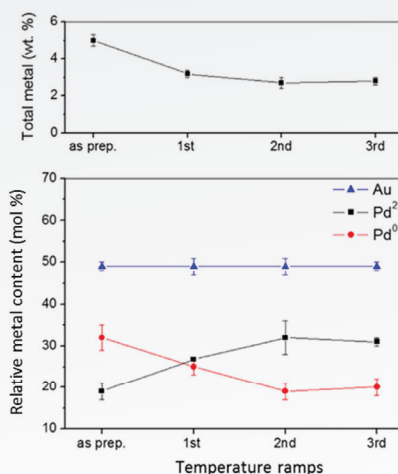


GRÁFICO 7 // GRÁFICO 7

Composição da superfície das partículas do catalisador de $AuPd/TiO_2$ medidos por espectroscopia de excitação fotoeletrônica por raios-X (XPS) após as rampas de temperatura indicadas. A composição da superfície muda, durante as duas primeiras rampas de aquecimento, quando aumenta o grau de oxidação do paládio.

Composición de la superficie de las partículas del catalizador de $AuPd/TiO_2$ medidos por espectroscopia de excitación fotoeletrónica por rayos-X (XPS) después de las rampas de temperatura indicadas. La composición de la superficie cambia, durante las dos primeras rampas de calentamiento, cuando aumenta el grado de oxidación del paladio.



observa-se que a composição da superfície do material como preparado se aproxima da composição nominal 1:1 AuPd, enquanto que o teor de metal na superfície das partículas (5 % em massa) foi cinco vezes maior que o valor nominal.

A diminuição gradual na quantidade de metal detectada por XPS é explicada pela agregação das nanopartículas. Por outro lado, a oxidação do Pd é o resultado da exposição a atmosfera oxidante, em temperaturas elevadas.

A microscopia de alta-resolução (no modo STEM) e o mapeamento elemental de nanopartículas individuais permite a observação direta da segregação de domínios composicionais dentro de cada nanopartícula bimetálica. Na Figura 3, a imagem de campo claro (BF) mostra partículas quase esféricas muito pequenas, depositadas sobre a superfície do suporte de TiO_2 , junto com duas partículas hemisféricas maiores. Nos mapas elementares, das áreas marcadas pelo retângulo na imagem de contraste-Z (HAADF), observa-se

se observa que la composición de la superficie del material como preparado se aproxima de la composición nominal 1:1 AuPd, mientras que el tenor de metal en la superficie de las partículas (5 % en masa) fue cinco veces mayor que el valor nominal.

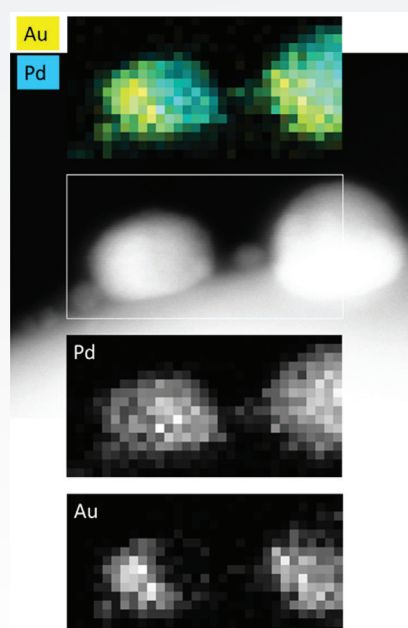
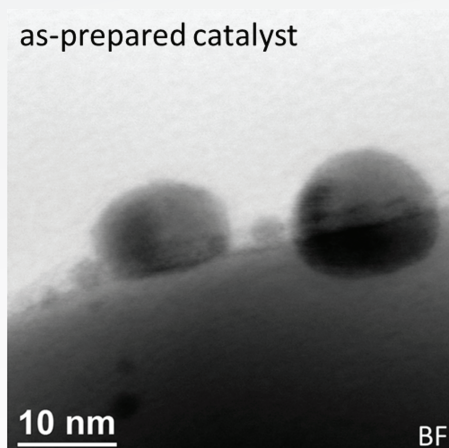
La disminución gradual en la cantidad de metal detectada por XPS es explicada por la agregación de las nanopartículas. Por otro lado, la oxidación del Pd es el resultado de la exposición a atmósfera oxidante, en temperaturas elevadas.

La microscopía de alta resolución (en el modo STEM) y el levantamiento elemental de nanopartículas individuales permite la observación directa de la segregación de dominios composicionales dentro de cada nanopartícula bimetálica. En la Figura 3, la imagen de campo claro (BF) muestra partículas casi esféricas muy pequeñas, depositadas sobre la superficie del soporte de TiO_2 , junto con dos partículas hemisféricas mayores. En los mapas elementares, de las áreas marcadas por el rectángulo en la imagen de contraste-Z (HAADF),

FIGURA 3 // FIGURA 3

Imagens de campo claro (BF) e de contraste-Z, obtidas por STEM, do catalizador de AuPd/ TiO_2 como preparado. Mapas elementares de XEDS-SI na imagem de contraste-Z mostram a segregação de domínios ricos em Au na superfície das partículas.

Imágenes de campo claro (BF) y de contraste-Z, obtenidas por STEM, del catalizador de AuPd/ TiO_2 como preparado. Mapas elementares de XEDS-SI en la imagen de contraste-Z muestran la segregación de dominios ricos en Au en la superficie de las partículas.



a segregação de domínios ricos em Au na superfície de ambas as partículas hemisféricas.

O exame do catalisador, depois de usado no experimento de oxidação de CO, revela as mudanças morfológicas nas nanopartículas, visíveis na Figura 4. A imagem de campo claro mostra uma partícula central escura com domínios acinzentados geminados em ambos os lados, junto com pequenas partículas de uns poucos nanômetros depositadas sobre o suporte de TiO_2 . Na imagem de contraste-Z (HAADF), a partícula central aparece mais brilhante que os domínios geminados, evidenciando que o seu maior número atômico médio Z é superior ao dos domínios geminados. Portanto, os domínios geminados são formados por PdO, que tem número atômico médio mais baixo que a liga AuPd. Essa conclusão concorda com o resultado de XPS mostrado no Gráfico 6. Além disso, os mapas elementares de XEDS-SI da Figura 4 mostram a presença de Pd em toda a partícula central e nos domínios geminados e também a ausência de Au nos domínios geminados. Para se observar a distribuição do

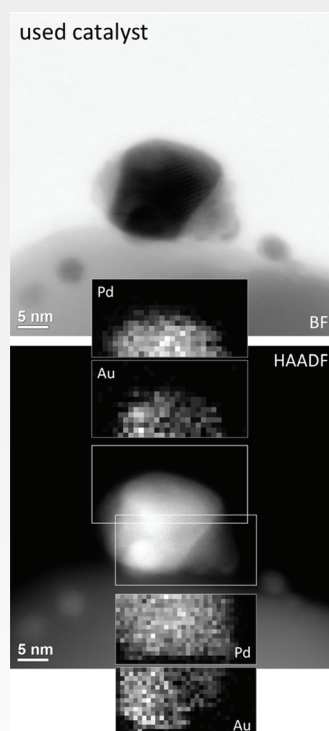
se observa la segregación de dominios ricos en Au en la superficie de ambas partículas hemisféricas.

El examen del catalizador, después de usado en el experimento de oxidación de CO, revela los cambios morfológicos en las nanopartículas, visibles en la Figura 4. La imagen de campo claro muestra una partícula central oscura con dominios cenicientos geminados en ambos lados, junto con pequeñas partículas de unos pocos nanómetros depositadas sobre el soporte de TiO_2 . En la imagen de contraste-Z (HAADF), la partícula central aparece más brillante que los dominios geminados, evidenciando que su mayor número atómico medio Z es superior al de los dominios geminados. Por lo tanto, los dominios geminados son formados por PdO, que tiene número atómico medio más bajo que la aleación AuPd. Esa conclusión concuerda con el resultado de XPS mostrado en el Gráfico 6. Además, los mapas elementares de XEDS-SI de la Figura 4 muestran la presencia de Pd en toda la partícula central y en los dominios geminados y también la ausencia de Au en los dominios geminados. Para

FIGURA 4 // FIGURA 4

Imagens de campo claro (BF) e de contraste-Z (STEM) do catalisador reduzido de AuPd/ TiO_2 após a reação de oxidação de CO. A partícula é uma liga de AuPd com domínios de PdO geminados em ambos os lados.

Imágenes de campo claro (BF) y de contraste-Z (STEM) del catalizador reducido de AuPd/ TiO_2 después de la reacción de oxidación de CO. La partícula es una aleación de AuPd con dominios de PdO geminados en ambos lados.



oxigênio, portanto do PdO nas partículas, é melhor utilizar EELS do que XEDS, devido à maior sensibilidade a elementos leves. A aquisição de mapas elementares de espectroscopia de perda de energia de elétrons (EELS) junto com mapas de XEDS da mesma área do catalisador (imagens não mostradas) revela a presença de Pd e a ausência de Au das regiões das partículas que contêm O.

Portanto, ocorre a exsudação⁸ de Pd nas partículas de AuPd, induzida pela adsorção de CO e O₂ sobre a sua superfície. Além disso, o Pd é oxidado, formando PdO que se segrega dos metais.

Este artigo mostrou alguns exemplos do que podemos aprender sobre catalisadores utilizando microscopias eletrônicas analíticas. A combinação das técnicas microscópicas com outras técnicas experimentais e, principalmente, com resultados experimentais sobre a atividade, seletividade e durabilidade de catalisadores produz um entendimento detalhado dos múltiplos

observar la distribución del oxígeno, por lo tanto del PdO en las partículas, es mejor utilizar EELS que XEDS, debido a la mayor sensibilidad a elementos ligeros. La adquisición de mapas elementares de espectroscopia de pérdida de energía de electrones (EELS) junto con mapas de XEDS de la misma área del catalizador (imágenes no mostradas) revela la presencia de Pd y la ausencia de Au de las regiones de las partículas que contienen O.

Por lo tanto, ocurre la exudación⁸ de Pd en las partículas de AuPd, inducida por la adsorción de CO y O₂ sobre su superficie. Además, el Pd es oxidado, formando PdO que se segrega de los metales.

Este artículo mostró algunos ejemplos de lo que podemos aprender sobre catalisadores utilizando microscopías electrónicas analíticas. La combinación de las técnicas microscópicas con otras técnicas experimentales y, principalmente, con resultados experimentales sobre la actividad, selectividad y durabilidad de catalisadores produce un entendimiento detallado de los

⁸ Alayoglu, S. et al. Catal. Letters 141, 633–640 (2011).



eventos que ocorrem em um processo catalítico. Por sua vez, o entendimento detalhado do processo permite que este seja racionalmente reengenheirado, desde a escala atômica, criando inovações incrementais e também radicais.

Todos os casos descritos neste artigo são de catalisadores de metais nobres, mas os mesmos tipos de informações podem ser obtidos microscopicamente, sobre qualquer sistema catalítico existente. Por isso, os autores convidam cada leitor a responderem às seguintes questões: Quanto eu sei sobre as estruturas dos catalisadores que utilizo? Que problemas e limitações dos meus catalisadores poderiam ser eliminados, se eu soubesse mais sobre eles? Como eu poderia saber mais sobre as razões pelas quais meus catalisadores perdem atividade? Eu sei explicar as diferenças de atividade e seletividade entre os diferentes catalisadores que uso? Posso propor novos aperfeiçoamentos aos catalisadores e aos processos catalíticos com que estou envolvido?

PARA CONHECER MAIS:

Microscopias eletrônicas analíticas:

- Egerton, R. F. Electron energy-loss spectroscopy in the electron microscope, Plenum Press: New York 1986.
- Williams, D.B.; Carter, C.B. Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science, 2nd Ed., Springer: New York, 2009.
- Hitchcock, A.P.; Morin, C.; Zhang, X.; Araki, T.; Dynes, J.; Stoeber, H.; Brash, J.; Lawrence, J.R.; Leppard, G.G. J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 2005, 144-147, 259-269.
- Hitchcock, A.P.; Dynes, J.J.; Johansson, G.; Wang, J.; Botton, G. Micron 2008, 39, 311-319.
- G Schönhense 1999 J. Phys.: Condens. Matter 11 9517-9547

múltiplos eventos que ocurren en un proceso catalítico. Por su vez, el entendimiento detallado del proceso permite que este sea racionalmente rediseñado, desde la escala atómica, creando innovaciones incrementales y también radicales.

Todos los casos descritos en este artículo son de catalizadores de metales nobles, mas los mismos tipos de informaciones pueden ser obtenidos microscópicamente, sobre cualquier sistema catalítico existente. Por eso, los autores invitan a cada lector a responder las siguientes cuestiones: ¿Cuánto sé sobre las estructuras de los catalizadores que utilizo? ¿Qué problemas y limitaciones de mis catalizadores podrían ser eliminados, si supiese más sobre ellos? ¿Cómo podría saber más sobre las razones por las que mis catalizadores pierden actividad? ¿Sé explicar las diferencias de actividad y selectividad entre los diferentes catalizadores que uso? ¿Puedo proponer nuevos perfeccionamientos a los catalizadores y a los procesos catalíticos con que estoy involucrado?

PARA CONOCER MÁS:

Microscopías electrónicas analíticas:

- Egerton, R. F. Electron energy-loss spectroscopy in the electron microscope, Plenum Press: New York 1986.
- Williams, D.B.; Carter, C.B. Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science, 2nd Ed., Springer: New York, 2009.
- Hitchcock, A.P.; Morin, C.; Zhang, X.; Araki, T.; Dynes, J.; Stoeber, H.; Brash, J.; Lawrence, J.R.; Leppard, G.G. J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 2005, 144-147, 259-269.
- Hitchcock, A.P.; Dynes, J.J.; Johansson, G.; Wang, J.; Botton, G. Micron 2008, 39, 311-319.
- G Schönhense 1999 J. Phys.: Condens. Matter 11 9517-9547

Mapeamento molecular por TEM-EELS:

- Rippel, M.M.; Leite, C.A.P.; Galembeck, F. Anal. Chem. 2002, 74, 2541-2546
- Valadares, L. F.; Bragança, F. C.; Silva, C. A.; Leite, C. A. P.; Galembeck, F. J. Colloid Interface Sci. 2007, 309, 140-148.
- Linares, E. M.; Leite, C. A. P.; Valadares, L. F.; Silva, C.; Rezende, C. A.; Galembeck, F. Anal. Chem. 2009, 81, 2317-2324.

Mapeamento molecular por TEM-EELS:

- - Rippel, M.M.; Leite, C.A.P.; Galembeck, F. Anal. Chem. 2002, 74, 2541-2546
- - Valadares, L. F.; Bragança, F. C.; Silva, C. A.; Leite, C. A. P.; Galembeck, F. J. Colloid Interface Sci. 2007, 309, 140-148.
- - Linares, E. M.; Leite, C. A. P.; Valadares, L. F.; Silva, C.; Rezende, C. A.; Galembeck, F. Anal. Chem. 2009, 81, 2317-2324.

DADOS DO AUTOR DATOS DEL AUTOR



**Érico
Teixeira Neto**

Érico Teixeira Neto é bacharel em química tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (1996), tem mestrado (Unicamp, 1999) e doutorado em Físico-Química (Unicamp, 2003). Realizou estágio de pesquisa acadêmica (doutorado sanduíche) na Universidade de Oldenburg (Alemanha, 2002) e pós-doutorado na Universidade de São Paulo (São Carlos, 2003-05). Trabalhou como Pesquisador no Instituto de Química da Unicamp (2005) e no P&D da Oxiteno S/A (2006-08). Foi Professor Adjunto no CCNH da Universidade Federal do ABC (2008-11) e Professor Doutor no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (2011-14). É coautor de 31 artigos científicos publicados em periódicos indexados e de 2 patentes depositadas no Brasil. Atualmente é Pesquisador no Laboratório de Microscopia Eletrônica do LNNano@CNPEM, trabalhando no desenvolvimento de catalisadores heterogêneos e na investigação da sua morfologia usando técnicas avançadas de microscopia eletrônica de transmissão com capacidades analíticas.

Érico Teixeira Neto es licenciado en química tecnológica por la Universidad Estadual de Campinas (1996), tiene maestría (Unicamp, 1999) y doctorado en Físicoquímica (Unicamp, 2003). Realizó pasantía de investigación académica (doctorado sandiwch) en la Universidad de Oldenburg (Alemania, 2002) y post doctorado en la Universidad de São Paulo (São Carlos, 2003-05). Trabajó como Investigador en el Instituto de Química de la Unicamp (2005) y en el P&D de Oxiteno S/A (2006-08). Fue Profesor Adjunto en el CCNH de la Universidad Federal del ABC (2008-11) y Profesor Doctor en el Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (2011-14). Es coautor de 31 artículos científicos publicados en revistas indexadas y de 2 patentes depositadas en Brasil. Actualmente es Investigador en el Laboratorio de Microscopia Electrónica del LNNano@CNPEM, trabajando en el desarrollo de catalizadores heterogêneos y en la investigación de su morfología usando técnicas avanzadas de microscopia electrónica de transmisión con capacidades analíticas.

DADOS DO AUTOR DATOS DEL AUTOR



**Ângela Albuquerque
Teixeira Neto**

Ângela Albuquerque Teixeira Neto é química formada pela Universidade Estadual de Campinas (1999), mestre em Físico-Química (2002) e doutora em Química Inorgânica pela mesma instituição (2006). Realizou estágio de pesquisa acadêmica (doutorado sanduíche) na Università degli Studi del Piemonte Orientale Amedeo Avogadro, na Itália (2005). Realizou pós-doutorado na Universidade de São Paulo (2008) e atuou como docente na área de Química Verde na Universidade Federal do ABC, de 2009 a 2014. É coautora de 13 artigos científicos publicados em periódicos indexados. Atualmente atua como bolsista de desenvolvimento tecnológico do CNPq no Laboratório Nacional de Nanotecnologia, em Campinas, trabalhando na área de síntese e caracterização de catalisadores heterogêneos, principalmente pela técnica de Espectroscopia de Fotoelétrons excitados por Raios X (XPS).

Ângela Albuquerque Teixeira Neto es química graduada por la Universidad Estadual de Campinas (1999), maestro en Físicoquímica (2002) y doctora en Química Inorgánica por la misma institución (2006). Realizó pasantía de investigación académica (doctorado sandwich) en la Università degli Studi del Piemonte Orientale Amedeo Avogadro, en Italia (2005). Realizó post doctorado en la Universidad de São Paulo (2008) y actuó como docente en el área de Química Verde en la Universidad Federal del ABC, de 2009 a 2014. Es coautora de 13 artículos científicos publicados en revistas indexadas. Actualmente actúa como becaria de desarrollo tecnológico del CNPq en el Laboratorio Nacional de Nanotecnología, en Campinas, trabajando en el área de síntesis y caracterización de catalizadores heterogêneos, principalmente por la técnica de Espectroscopia de Fotoelectrones excitados por Rayos X (XPS).

DADOS DO AUTOR

DATOS DEL AUTOR



**Fernando
Galembeck**

Fernando Galembeck é Bacharel (1964) e Doutor em Química (1970) pela USP, com pós-doutorado nas universidades da Califórnia e Colorado. Entre 1964 e 1980 foi docente na USP e na Unesp, passando em 1980 para a Unicamp onde foi Diretor do Instituto de Química e Vice-Reitor. Tem mais de 260 publicações, orientou mais de 60 teses e dissertações e é listado como inventor em numerosas patentes, que originaram três produtos lançados no mercado. Atuou como consultor de várias empresas e em órgãos de governo, tendo coordenado o primeiro grupo técnico do PADCT. Recebeu vários prêmios, incluindo a "Retorta de Ouro" do SIQUIRJ, Fritz Feigl do CRQ-IV, prêmios de inovação da Finep, SBQ, Unicamp e Sindicato dos Engenheiros do ESP, Álvaro Alberto e Anísio Teixeira, da Presidência da República.

Fernando Galembeck es Licenciado (1964) y Doctor en Química (1970) por la USP, con post doctorado en las universidades de California y Colorado. Entre 1964 y 1980 fue docente en la USP y en la Unesp, pasando en 1980 para la Unicamp donde fue Director del Instituto de Química y Vice Rector. Tiene más de 260 publicaciones, orientó más de 60 tesis y disertaciones y es listado como inventor en numerosas patentes que originaron tres productos lanzados en el mercado. Actuó como consultor de varias empresas y en órganos de gobierno, habiendo coordinado el primer grupo técnico del PADCT. Recibió varios premios, incluyendo la "Retorta de Ouro" del SIQUIRJ, Fritz Feigl del CRQ-IV, premios de innovación de la Finep, SBQ, Unicamp y Sindicato de los Ingenieros del ESP, Álvaro Alberto y Anísio Teixeira, de la Presidencia de la República.

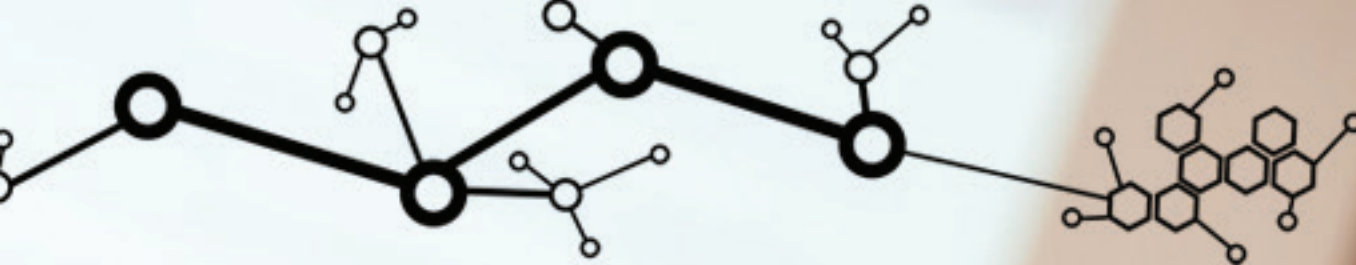


FÁBRICA CARIOCA DE CATALISADORES S.A. PARTICIPA DO '4º CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE REFINACIÓN'

■ Por: COMUNICAÇÃO INTERNA
FCC S.A.

O Instituto Argentino de Petróleo e Gás (IAPG) e a Associação Regional de Empresas do Setor de Petróleo, Gás e Biocombustíveis na América Latina e no Caribe (ARPEL) organizam o 4º

Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación, a ser realizado no Hotel Sheraton, na cidade de Mar del Plata, de 17 a 20 de novembro de 2015.



ANO 03 > OUTUBRO/NOVEMBRO/DEZEMBRO > 2015

AÑO 03 > OCTUBRE/NOVIEMBRE/DICIEMBRE > 2015

Catalítica

FÁBRICA CARIOCA DE CATALISADORES S.A. PARTICIPA DEL '4º CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE REFINACIÓN'

■ Por: COMUNICAÇÃO INTERNA
FCC S.A.

El Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG) y la Asociación Regional de Empresas del Sector Petróleo, Gas y Biocombustibles en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL) organizan el

4º Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación a desarrollarse en el Hotel Sheraton de la ciudad de Mar del Plata, del 17 al 20 de noviembre de 2015.



Com o tema “Rumo a Excelência Operacional”, espera-se gerar um debate dinâmico que permita o intercâmbio de informações e atualização do conhecimento de todos os profissionais envolvidos com este importante segmento do *downstream* da indústria do petróleo.

Durante o evento, se realizarão apresentações de trabalhos técnicos, sessões orais e de posters, mesas redondas e conferências com importantes especialistas sobre os temas em referência.

Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. estará presente no evento e, além do estande onde receberá os técnicos participantes do congresso, também apresentará o trabalho **Soluções catalíticas para incrementar a capacidade de processamento de carga** pesada, sob a responsabilidade do gerente de desenvolvimento de produto, Jose Marcos Ferreira.

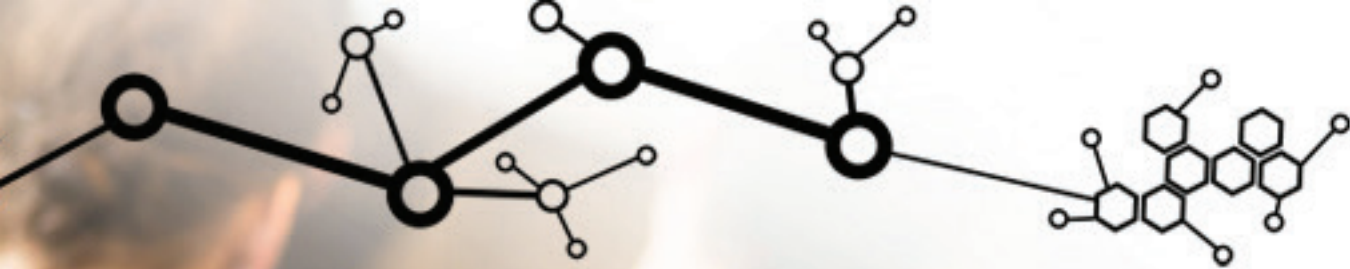
Sugerimos à toda comunidade de Craqueamento Catalítico da América Latina a participação nesse Congresso, que, certamente, é de importância crucial para o nosso continente.

Con el lema “Hacia la Excelencia Operativa”, se espera generar un debate dinámico que permita el intercambio de información y la actualización del conocimiento de todos aquellos profesionales involucrados con este importante segmento del *downstream* de la industria del petróleo.

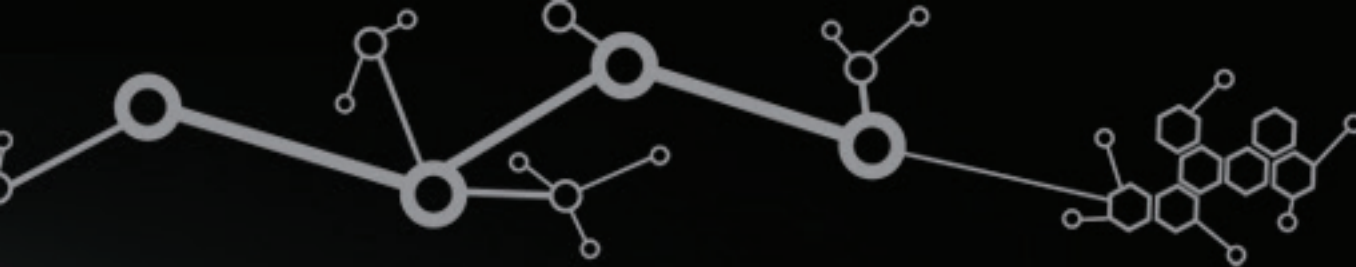
Durante el evento se realizarán presentaciones de trabajos técnicos en sesiones orales y de posters, mesas redondas y conferencias con destacados expertos en los temas que nos convocan.

Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. estará presente en el evento y, además del stand, donde recibirá los técnicos participantes del congreso, también presentará el trabajo intitulado **Soluciones catalíticas para incrementar la capacidad de procesamiento de carga pesada**, bajo la responsabilidad del gerente de desarrollo de productos José Marcos Ferreira

Sugerimos a toda La comunidad de Craqueo Catalítico de Latinoamérica a participar en este congreso que, sin duda, es de crucial importancia para nuestro continente.







FCC S.A. PARTICIPA DA 4^a LARTC

■ Por: **COMUNICAÇÃO INTERNA**
FCC S.A.

Em junho deste ano, a Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. participou da 4^a Conferência Latino-Americana de Tecnologia de Refino (LARTC). O evento foi realizado no Miami Marriott Biscayne Bay, na Flórida, EUA.

FCC S.A. PARTICIPA DE LA 4^a LARTC

■ Por: **COMUNICAÇÃO INTERNA**
FCC S.A.

En junio de este año, Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. participó de la 4^a Conferencia Latinoamericana de Tecnología de Refino (LARTC). El evento fue realizado en el Miami Marriott Biscayne Bay, en Florida, EUA.



A LARTC é um grupo, organizado pelo Fórum Global de Tecnologia, que promove uma série de conferências e seminários sobre tecnologia de refino ao redor do mundo.

A FCC S.A. apresentou o trabalho “**Particulate Emission Reduction**” (Redução das Emissões de Particulados), de autoria do engenheiro de Serviços Técnicos Flávio Ribeiro (GMKT), juntamente com Oscar Gonzalo Sánchez e Sebastián Focaccio, ambos da refinaria ANCAP (Uruguai), cliente da FCC S.A. há mais de 20 anos.

Este trabalho também será apresentado no 3º Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico e Hidroprocessamento, quando teremos um fórum específico sobre FCC, que terá a oportunidade de debater os resultados obtidos a partir dessa atividade conjunta entre Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. e ANCAP.

LARTC es un grupo organizado por el Fórum Global de Tecnología que promueve una serie de conferencias y seminarios sobre tecnología de refino alrededor del mundo.

FCC S.A. presentó el trabajo “**Particulate Emission Reduction**” (Reducción de las Emisiones de Particulados), de autoría del ingeniero de Servicios Técnicos Flávio Ribeiro (GMKT), juntamente con Oscar Gonzalo Sánchez y Sebastián Focaccio, ambos de la refinera ANCAP (Uruguay), cliente de FCC S.A. hace más de 20 años.

Este trabajo también será presentado en el 3º Encuentro Sudamericano de Craqueo Catalítico e Hidroprocesamiento, cuando tendremos un foro específico sobre FCC, que tendrá la oportunidad de debatir los resultados obtenidos a partir de esa actividad conjunta entre Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. y ANCAP.

Depoimento:

O LARTC é um evento que reúne membros da comunidade de refino das Américas, sendo uma excelente oportunidade para troca e obtenção de novos conhecimentos. Na 4ª LARTC, que aconteceu em junho deste ano, apresentei esse interessante trabalho sobre troubleshooting, desenvolvido em conjunto com o nosso cliente ANCAP, que foi muito bem recebido pelos participantes.

Representar a FCC S.A. tecnicamente, em eventos tão conceituados como este, é extremamente gratificante.

Declaración:

LARTC es un evento que reúne miembros de la comunidad de refino de las Américas, siendo una excelente oportunidad para intercambio y obtención de nuevos conocimientos. En la 4ª LARTC, que ocurrió en junio de este año, presenté ese interesante trabajo sobre troubleshooting, desarrollado en conjunto con nuestro cliente ANCAP, que fue muy bien recibido por los participantes.

Representar a FCC S.A. técnicamente, en eventos tan conceptuados como este, es extremadamente gratificante.

FLÁVIO RIBEIRO**Engenheiro de Serviços Técnicos**
Ingeniero de Servicios Técnicos



FÁBRICA CARIOCA DE CATALISADORES S.A. PARTICIPA DO 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE CATÁLISE

■ Por: FELIPE CERQUIZE
FCC S.A.

O Congresso Brasileiro de Catálise (CBCat) vem sendo realizado, a cada dois anos, pela Sociedade Brasileira de Catálise (SBCat), mantendo o seu propósito de fomentar o desenvolvimento da catálise no Brasil, através do compartilhamento de conhecimentos e experiências das comunidades científicas e industriais brasileiras, assim como da sua interação com a comunidade internacional. Este ano, o congresso aconteceu no período de 13 a 17 de setembro, em Arraial D'Ajuda, Porto Seguro (BA), e teve como tema "*Catálise: descobrindo novas rotas para o desenvolvimento sustentável*", que procurou enfatizar as novas possibilidades que definirão o avanço da catálise nos próximos anos, abordando desde os conceitos básicos até os processos avançados.

FÁBRICA CARIOCA DE CATALISADORES S.A. PARTICIPA DEL 18º CONGRESO BRASILEÑO DE CATÁLISIS

■ Por: FELIPE CERQUIZE
FCC S.A.

El Congreso Brasileño de Catálisis (CBCat) ha sido realizado, a cada dos años, por la Sociedad Brasileña de Catálisis (SBCat), manteniendo su propósito de fomentar el desarrollo de la catálisis en Brasil, a través del compartimiento de conocimientos y experiencias de las comunidades científicas e industriales brasileñas, así como de su interacción con la comunidad internacional. Este año, el congreso ha ocurrido en el período de 13 a 17 de septiembre, en Arraial D'Ajuda, Porto Seguro (BA), y tuvo como tema "*Catálisis: descubriendo nuevas rutas para el desarrollo sostenible*", que buscó enfatizar las nuevas posibilidades que definirán el avance de la catálisis en los próximos años, abordando desde los conceptos básicos hasta los procesos avanzados.



A Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. contou com a presença de dois engenheiros no evento: Fábio Rodrigues, da área de Tecnologia, e Manuela Barreto, da área de Serviços Técnicos, que, no dia 16 de setembro, apresentou o trabalho *"Evolução das propriedades físicas do catalisador produzido na FCC S.A., contribuindo para a redução de emissão de particulados nas UFCC's do sistema Petrobras"* de autoria da própria Manuela e da engenheira Vanessa Costa, da nossa área de Tecnologia.

Como única empresa fabricante de catalisadores de craqueamento da América do Sul, possuímos, por um lado, tecnologia de ponta e, por outro, a possibilidade de desenvolvimento conjunto com os clientes de catalisadores orientados às suas necessidades, visando a maximização da rentabilidade das unidades de craqueamento catalítico. A proximidade também é um diferencial, possibilitando a FCC S.A. atuar lado a lado com o cliente, acompanhando o desempenho das unidades, promovendo cursos e treinamentos, gerenciando estoques, identificando e resolvendo antecipadamente problemas, promovendo melhorias de performance e trabalhando, ao máximo, para gerar ganhos para os clientes. O trabalho apresentado no CBCat é um exemplo.

Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. contó con la presencia de dos ingenieros en el evento: Fábio Rodrigues, del área de Tecnología, y Manuela Barreto, del área de Servicios Técnicos, que, el día 16 de septiembre, presentó el trabajo *"Evolución de las propiedades físicas del catalizador producido en FCC S.A., contribuyendo para la reducción de emisión de particulados en las UFCC's del sistema Petrobras"* de autoría de la propia Manuela y de la ingeniera Vanessa Costa, de nuestra área de Tecnología.

Como única empresa fabricante de catalizadores de craqueo de Sudamérica, poseemos, de un lado, tecnología de punta y, de otro, la posibilidad de desarrollo conjunto con los clientes de catalizadores orientados a sus necesidades, buscando la maximización de la rentabilidad de las unidades de craqueo catalítico. La proximidad también es un diferencial, posibilitando a FCC S.A. actuar lado a lado con el cliente, acompañando el desempeño de las unidades, promoviendo cursos y entrenamientos, administrando stocks, identificando y resolviendo anticipadamente problemas, promoviendo mejoras de performance y trabajando, al máximo, para generar ganancias para los clientes. El trabajo presentado en el CBCat es un ejemplo.



3º Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico e Hidroprocessamento

3^{er} Encuentro Sudamericano de Craqueo
Catalítico e Hidroprocesamiento

FLORIANÓPOLIS • SC • BRASIL

Hora de se preparar para o 3º Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico e Hidroprocessamento

■ Por: **FELIPE CERQUIZE**
FCC S.A.

Está chegando a hora do 3º Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico e Hidroprocessamento, que será realizado pela Fábrica Carioca de Catalisadores e pela Albemarle no Costão do Santinho, cidade de Florianópolis, estado de Santa Catarina – Brasil, no período de 26 a 29 de outubro de 2015.

O Encontro Sul-Americano de Craqueamento Catalítico, realizado pela FCC S.A. desde 1994, ganhou, em 2008 (ano de sua sétima edição), uma sessão dedicada ao Hidroprocessamento, aumentando ainda mais a sua importância.

Hora de prepararse para el 3^{er} Encuentro Sudamericano de Craqueo Catalítico e Hidroprocesamiento

■ Por: **FELIPE CERQUIZE**
FCC S.A.

Está llegando la hora del 3^{er} Encuentro Sudamericano de Craqueo Catalítico e Hidroprocesamiento, que será realizado por Fábrica Carioca de Catalisadores y por Albemarle en Costão do Santinho, ciudad de Florianópolis, estado de Santa Catarina – Brasil, en el periodo de 26 a 29 de octubre de 2015.

El Encuentro Sudamericano de Craqueo Catalítico, realizado por FCC S.A. desde 1994, ganó, en 2008 (año de su séptima edición), una sesión dedicada al Hidroprocesamiento, aumentando aún más su importancia.



Para este evento, recebemos dezenas de propostas de trabalhos, o que nos deixou convictos da importância do mesmo para a comunidade de FCC e HDT de todas as refinarias da América do Sul.

Para sua orientação, seguem algumas informações importantes relativas ao evento e sua localização:

- Por se tratar de um evento voltado para os clientes da FCC S.A. e da Albemarle, foram emitidos convites individuais e intransferíveis às pessoas que fazem parte das equipes técnicas que acompanham as unidades de FCC e HDT das refinarias de nosso mercado.
- Apesar do tempo muito curto entre o evento e o lançamento desta edição, caso você tenha interesse em participar do Encontro e não tenha recebido o convite envie um e-mail para a coordenação do evento, para que possamos avaliar a possibilidade de inclusão de seu nome em nossa listagem.
- Se você vier de Angola, Benin, Bolívia, Camarões, Colômbia, República Democrática do Congo, Equador, Guiana Francesa, Gabão, Gâmbia, Gana, Guiné, Libéria, Nigéria, Peru, Serra Leoa, Sudão e Venezuela ou visitar estes países nos últimos 90 dias antes de sua viagem ao Brasil, saiba que o Brasil exige a vacinação contra a FEBRE AMARELA e que a mesma deve ser tomada com um mínimo de antecedência de 10 dias de sua viagem.
- Os dois aeroportos mais próximos ao Costão do Santinho são:

Para este evento, recibimos decenas de propuestas de trabajos, lo que nos dejó convencidos de la importancia del mismo para la comunidad de FCC y HDT de todas las refinerías de Sudamérica

Para su orientación, siguen algunas informaciones importantes relativas al evento y su localización:

- Por tratarse de un evento centrado para los clientes de FCC S.A. y de Albemarle, fueron emitidas invitaciones individuales e intransferibles a las personas que forman parte de los equipos técnicos que acompañan las unidades de FCC y HDT de las refinerías de nuestro mercado.
- A pesar del tiempo muy corto entre el evento y el lanzamiento de esta edición, en el caso de que tenga interés en participar del Encuentro y no haya recibido la invitación envíe un e-mail para la coordinación del evento, para que podamos evaluar la posibilidad de inclusión de su nombre en nuestra lista.
- Si usted viene de Angola, Benín, Bolivia, Camerún, Colombia, República Democrática de Congo, Ecuador, Guyana Francesa, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Liberia, Nigeria, Perú, Sierra Leona, Sudán y Venezuela o visitó estos países en los últimos 90 días antes de su viaje a Brasil, tiene que saber que Brasil exige la vacunación contra la FIEBRE AMARILLA y que la misma debe ser tomada con un mínimo de anticipación de 10 días de su viaje.
- Los dos aeropuertos más cercanos a Costão do Santinho son:

Aeroporto Internacional de Florianópolis – Hercílio Luz, distante, aproximadamente, 43 km (1h) do hotel;

Aeroporto Internacional de Navegantes, distante, aproximadamente, 147 km (2h30min) do hotel.

O indicado para chegar ao local do evento é o Aeroporto Internacional de Florianópolis. Somente em caso de algum impedimento incontornável, deverá se optar pelo Aeroporto Internacional de Navegantes, que é muito mais distante e não terá traslado sob a responsabilidade da organização do evento.

- Florianópolis é capital do estado brasileiro de Santa Catarina. O município é composto pela ilha principal, a ilha de Santa Catarina, a parte continental e algumas pequenas ilhas circundantes. A economia da cidade é fortemente baseada na tecnologia da informação, no turismo e nos serviços. Possui 42 praias e é um centro de atividade de navegação. Maiores informações sobre Florianópolis poderão ser obtidas no site <http://www.pmf.sc.gov.br>.

Para mais detalhes sobre o evento, acesse nosso hotsite em nossa página www.fccsa.com.br.

Para outras informações contactar:

Aline Fonseca
e-mail: alinefonseca@fccsa.com.br
ou telefone +55 21 2195-9034.

Aeropuerto Internacional de Florianópolis – Hercílio Luz, distante, aproximadamente, 43 km (1h) del hotel;

Aeropuerto Internacional de Navegantes, distante, aproximadamente, 147 km (2h30min) del hotel.

Lo indicado para llegar al local del evento es el Aeropuerto Internacional de Florianópolis. Solamente en el caso de algún impedimento insuperable, se deberá optar por el Aeropuerto Internacional de Navegantes, que es mucho más distante y no tendrá traslado bajo la responsabilidad de la organización del evento.

- Florianópolis es la capital del estado brasileño de Santa Catarina. El municipio es compuesto por la isla principal, la isla de Santa Catarina, la parte continental y algunas pequeñas islas circundantes. La economía de la ciudad está fuertemente basada en la tecnología de la información, en el turismo y en los servicios. Posee 42 playas y es un centro de actividad de navegación. Mayores informaciones sobre Florianópolis podrán ser obtenidas en el sitio <http://www.pmf.sc.gov.br>.

Para más detalles sobre el evento, acceda nuestro hotsite en nuestra página www.fccsa.com.br.

Para otras informaciones, contactar:

Aline Fonseca
e-mail: alinefonseca@fccsa.com.br
o por el teléfono +55 21 2195-9034.



3º Encontro Sul-Americano
de Craqueamento Catalítico
e Hidroprocessamento

3er Encuentro Sudamericano de Craqueo
Catalítico e Hidroprocesamiento

FLORIANÓPOLIS • SC • BRASIL

**ESTÁ NA
HORA.
BEM-VINDOS!**

26 a 29 de outubro de 2015

**ES
HORA.
!BIENVENIDOS!**

26 a 29 de octubre de 2015