

Estabilidade e filtrabilidade do óleo diesel

Stability and filtering capacity of diesel oil

Estabilidad y filtrabilidad del petróleo diesel

Marcelo Vieira Alves
Mauro Iurk Rocha
Fátima Maria Zanon Zotin
Ricardo Rodrigues da Cunha Pinto

Resumo

palavras-chave: ■ óleo diesel ■ estabilidade ■ filtrabilidade

A crescente demanda pela redução da emissão de poluentes por motores do ciclo diesel tem levado à adoção de sistemas de injeção mais avançados. Tais sistemas têm folgas cada vez menores e filtros mais restritivos para protegê-los de partículas presentes no combustível. As partículas podem ter sua origem nos produtos de degradação do óleo diesel, sendo estes formados pela condensação entre compostos aromáticos e heterocíclicos nitrogenados, catalisada por ácidos. Tais compostos ocorrem nas diversas correntes utilizadas na composição do combustível. Discorre-se aqui sobre os aspectos que influenciam a estabilidade à oxidação, a filtrabilidade do combustível e os métodos para se avaliar o potencial de degradação de diversas formulações de óleo diesel.

Abstract

keywords: ■ diesel oil ■ stability ■ filterability

The increasing demand for the reduction in the emission of polluting agents by diesel motors has led to the use of more advanced injection systems. These systems are increasingly reducing clearances and portray more restrictive filtering capacity, protecting them from the release of fuel particles. Those particles may originate in the degradation of oil products, formed by the acid-catalyzed condensation between aromatic compounds and heterocyclic nitrogens. These compounds appear in the various chains used in the composition of the fuel. We address here the aspects influencing the stability to oxidation and fuel filterability as well as the methods used to assess the degradation capacity of several diesel oil formulations.

Resumen

palabras clave: ■ petróleo diesel ■ estabilidad ■ filtrabilidad

La creciente demanda para reducir la emisión de contaminantes por motores de ciclo diesel ha llevado a la adopción de sistemas de inyección más avanzados. Tales sistemas tienen holguras cada vez menores y filtros más restrictivos para protegerlos de partículas presentes en el combustible. Las partículas pueden tener su origen en los productos de degradación del petróleo diesel, formados éstos por la condensación catalizada por ácidos entre compuestos aromáticos y nitrogenados heterocíclicos. Estos compuestos ocurren en las diversas cadenas utilizadas en la composición del combustible. Se examinan aquí los aspectos que influyen la estabilidad a la oxidación, la filtrabilidad del combustible y los métodos para evaluar el potencial de degradación de diversas formulaciones de petróleo diesel.

Introdução

A redução contínua dos poluentes emitidos por motores de combustão interna do ciclo diesel necessita de um desenvolvimento também contínuo de sua tecnologia. A adoção de sistemas de injeção com folgas cada vez menores requer a utilização de filtros mais restritivos nos novos motores, o que leva à preocupação com a filtrabilidade do combustível. Essa filtrabilidade, geralmente considerada como uma medida da limpeza do combustível, pode ser definida como a habilidade do combustível em passar por um filtro sem provocar aumento de pressão. Ela é influenciada diretamente pelas partículas presentes no combustível, que podem ser originadas pelo arraste do material de tanques e tubulações, de borras microbiológicas e de produtos de degradação do óleo diesel formados pela sua oxidação. As duas primeiras causas podem ser evitadas pelo uso de sistemas de estocagem e transporte limpos e por procedimentos adequados de manuseio. Por outro lado, a degradação do óleo diesel pode ocorrer em função da presença de oxigênio ou de sua exposição a temperaturas elevadas e deve ser avaliada com mais cuidado.

Um dos fatores determinantes para a estabilidade à oxidação do óleo diesel e seu desempenho no campo é a sua composição química influenciada diretamente pelo elenco de petróleos e pelo esquema de refino. O balanceamento entre as diversas classes de hidrocarbonetos e o controle de

contaminantes – como compostos nitrogenados, sulfurados e oxigenados – possibilita a adequada resistência do combustível a alterações de qualidade ao longo de sua estocagem ou sob condições de uso a altas temperaturas. A presença de produtos de oxidação no combustível pode prejudicar o desempenho do produto no campo.

Embora tal assunto seja de importância crescente, são poucos os trabalhos publicados. Visando suprir essa lacuna, apresenta-se aqui uma revisão dos aspectos que influenciam a estabilidade à oxidação e a filtrabilidade do combustível, como por exemplo, a presença de compostos precursores do processo de degradação nas correntes que podem compor o óleo diesel em uma refinaria e dos métodos para se avaliar o potencial de degradação de diversas formulações de óleo diesel.

Mecanismos de degradação de óleo diesel

Um dos mecanismos de degradação do óleo diesel é o da condensação entre compostos aromáticos e heterocíclicos nitrogenados catalisada por ácidos (Pedley *et al.* 1988a, 1989). Em uma primeira etapa, as espécies aromáticas oxigenadas – como a fenalenona, produto da auto-oxidação do fenaleno, e seus derivados – reagem com os nitrogenados heterocíclicos (da classe dos indóis) originando os verdadeiros precursores (indolfenalenos) que são solúveis no combustível e responsá-

veis pela degradação de cor. Tal modificação constitui o primeiro indicativo da alteração de qualidade do óleo diesel. Em uma segunda etapa e na presença de acidez (ácidos sulfônicos são produzidos pela oxidação de mercaptans ou dissulfetos), ocorre a conversão destas espécies em compostos insolúveis, como sais ou óxidos (Pedley *et al.* 1988b). A ocorrência deste mecanismo de degradação pode ser evitada pela mistura de componentes, que não apresentam os compostos precursores ou acidez, eliminando-os por hidrotreamento ou empregando aditivos antioxidantes e/ou estabilizadores. Adicionalmente, olefinas podem formar peróxidos ao reagir com o oxigênio e metais – como cobre, alumínio e ferro, mesmo quando ocorrem em teores na faixa de partes por bilhão (*ppb*) – e são capazes de acelerar as reações de oxidação e esterificação, levando à formação de gomas.

Os compostos nitrogenados heterocíclicos de ocorrência natural em correntes da faixa de destilação do óleo diesel incluem aminas, piridinas, quinolinas, indóis, pirróis e carbazóis. Nos gasóleos de craqueamento catalítico, a maior fração dos compostos nitrogenados é composta pelos nitrogenados não-básicos como, por exemplo, os indóis que são produzidos pelo craqueamento incompleto e não-seletivo dos compostos nitrogenados de massa molecular mais alta como os benzo e dibenzocarbazóis (Dorbon e Bernascon, 1989).

Embora muitas vezes a literatura apresente diferentes resultados a respeito dos papéis desempenhados por alguns compostos no processo de degradação do óleo diesel, a maioria dos compostos nitrogenados básicos e os compostos heterocíclicos de enxofre e oxigênio não conduzem à formação de sedimentos nos ensaios de envelhecimento usualmente empregados (Frankenfeld *et al.* 1983a, 1983b; Mushrush *et al.* 1999; Batts e Fathoni, 1991).

O óleo diesel tende a se degradar também quando exposto às altas temperaturas do sistema de injeção dos veículos, formando sedimentos que se depositam sobre a superfície dos injetores ou que retornam ao tanque, causando o entupimento de filtros em sistemas com grande recirculação de combustível.

Se, de uma forma geral, a ocorrência apenas de degradação de cor não compromete o desempenho do óleo diesel, por outro lado, os sedimentos formados reduzem

a vida útil dos filtros de combustível e dos componentes do sistema de injeção (Pedley *et al.* 1987). Isto evidencia a necessidade do conhecimento do potencial de degradação de uma determinada formulação de óleo diesel por meio de testes que simulem e/ou acelerem as condições de estocagem do combustível.

Produção de óleo diesel

Diversas correntes são utilizadas na composição do óleo diesel comercializado por uma refinaria. Essas correntes têm origem em diferentes unidades de processo como destilação, craqueamento catalítico e coqueamento retardado, e apresentam, em função da carga processada e da severidade do processamento, distintos teores de hidrocarbonetos aromáticos instáveis e reativos. O efeito sinérgico da mistura de tais correntes pode resultar em alterações de qualidade no óleo diesel, que se manifestam por mudança de cor (escurecimento) e formação de material particulado e gomas. Isto é consequência da oxidação química dos precursores a espécies de elevada massa molecular com solubilidade limitada no combustível. A presença desses compostos em níveis elevados em uma corrente pode limitar sua adição ao óleo diesel final produzido em uma refinaria.

Tipicamente, correntes de diesel de destilação direta são compostas, na sua maioria, por moléculas saturadas do tipo normal parafinas ou naftênicas, enquanto que no gasóleo de craqueamento catalítico predomina a fração de hidrocarbonetos aromáticos e surgem olefinas em quantidades apreciáveis, moléculas típicas do processo de craqueamento. No gasóleo de coqueamento retardado, ocorre um equilíbrio entre as moléculas saturadas e as aromáticas. O óleo diesel composto com tais correntes pode degradar-se de acordo com o mecanismo descrito anteriormente. Os compostos aromáticos, por não apresentarem facilidade de queima em motores do ciclo diesel, são responsáveis ainda pelo aumento das emissões veiculares.

Quanto aos contaminantes, teores elevados de nitrogênio total e não-básico são encontrados nos gasóleos de craqueamento catalítico e de coqueamento retardado. As fenalenonas, atuantes no início do mecanismo de degradação do óleo diesel, também estão presentes no gasóleo de craqueamento catalítico. Embora diferenças de severidade e de carga processada nas unidades conduzam a variações

nos teores destes compostos, o gasóleo de craqueamento catalítico apresenta, em quantidades apreciáveis, os compostos precursores do mecanismo de degradação do óleo diesel. As frações destiladas, por outro lado, são geralmente ácidas e, portanto, o óleo diesel preparado pela mistura destas correntes contém todos os ingredientes necessários para a ocorrência do processo de degradação com formação de material insolúvel. Experiências mostram que estes ingredientes ocorrem no óleo diesel produzido a partir do refino dos principais petróleos brasileiros de base parafínica em menor extensão do que o comumente apresentado na literatura.

Métodos experimentais de avaliação da degradação e da filtrabilidade do óleo diesel

Os ensaios de envelhecimento são as ferramentas adequadas para se avaliar o potencial de degradação de uma determinada formulação de óleo diesel. Os ensaios mais comumente empregados são o de envelhecimento a 90°C por 16 horas e o de envelhecimento natural a 43°C por 13 semanas.

O teste de envelhecimento a 90°C por 16 horas é realizado de acordo com o método ASTM D5304 (American Society for Testing Materials, 2005) e comumente chamado de *low pressure reactor* (LPR). Após filtração para remover quaisquer partículas contaminantes presentes, 100 mL de amostra são colocados em um vaso de pressão preaquecido a 90°C. O vaso é pressurizado com oxigênio a 800 kPa absoluto e mantido nesta temperatura por 16 horas. Ao término do período de tratamento, a amostra é resfriada à temperatura ambiente e o teor de insolúveis totais formados nesse processo é quantificado gravimetricamente. A cor da amostra é determinada antes e depois da oxidação.

O método permite a comparação de um determinado combustível com outros combustíveis ou padrões, quando ensaiados sob as condições controladas, equivalentes a cerca de dois anos de envelhecimento a 20°C e pressão atmosférica, mas não permite correlacionar a degradação de um determinado combustível com condições específicas de estocagem e manuseio no campo, uma vez que a formação de insolúveis é afetada também pelo material dos tanques de armazenagem e pelas condições ambientais.

O teste de envelhecimento natural a 43°C por 13 semanas é muito utilizado na indústria de refino do petróleo para a avaliação da estabilidade à estocagem de combustíveis. Os resultados de tal teste podem ser correlacionados a um ano de estocagem a 21°C, uma vez que uma semana a 43°C equivale a praticamente um mês a temperatura ambiente (White, 1973; Stavinoha e Westbrook, 1981; Garner e White, 1981). Segundo o método ASTM D4625 (American Society for Testing Materials, 2004), uma alíquota de 400 mL do combustível filtrado é submetida a envelhecimento a 43°C por até 24 semanas. Após o período de tempo escolhido, a amostra é analisada quanto aos insolúveis filtráveis e aderentes formados. Nas condições do teste, são aceleradas as reações de degradação dos combustíveis dependentes de interações oxidativas e não-oxidativas entre olefinas, compostos nitrogenados, sulfurados e oxigenados presentes, que levam à formação de sedimentos e à alteração de cor, o que permite o prognóstico acurado da estabilidade à estocagem do combustível.

Quando submetidas ao teste de envelhecimento natural, amostras de gasóleo de craqueamento catalítico dão origem a quantidades de insolúveis totais maiores do que as originadas por amostras de diesel de destilação direta, e apresentam redução dos teores de nitrogênio total. Esta redução está intimamente relacionada à dos compostos nitrogenados indólicos, uma vez que outros compostos nitrogenados (anilinas e carbazóis) não são afetados significativamente pelo envelhecimento (Dorbon e Bernascon, 1989). Presume-se que, durante o processo de envelhecimento, os compostos nitrogenados indólicos condensam-se com compostos aromáticos, levando à formação do material insolúvel.

A formação de sedimentos pela oxidação do óleo diesel pode ser prejudicial ao desempenho do produto no campo. O sistema de alimentação de combustível da maior parte dos motores diesel possui dois filtros: um primário, que retém as partículas maiores que 30 μm e está localizado antes da bomba de alimentação, e outro secundário, com abertura de malha igual a 10 μm e localizado antes da bomba injetora. Em combustíveis que apresentam grande quantidade de sedimentos, é possível que partículas de tamanho entre 15 e 25 μm entupam os filtros secundários e que partículas de 5 μm atravessem todo o sistema de filtração e causem erosão nos bicos injetores e na camisa dos cilindros. Adicionalmente, os modernos sistemas de injeção de óleo

diesel são de grandes complexidade e sensibilidade e operam a altas pressões, com volume e tempo precisos. Nestes sistemas, a folga entre o pistão e o cilindro chega a $1\ \mu\text{m}$ (o fio de cabelo humano possui diâmetro médio de $80\ \mu\text{m}$), tornando estes componentes extremamente suscetíveis ao desgaste por sedimentos ou partículas abrasivas presentes nos combustíveis (von Wielligh *et al.* 2005). A pureza do óleo diesel pode ser avaliada pelos ensaios de filtrabilidade e de contagem de partículas.

A filtrabilidade pode ser definida como a habilidade do combustível em passar por um filtro sem provocar aumento de pressão, o que poderia ocorrer em função dos sedimentos presentes no combustível. Segundo o método ASTM D6426 (American Society for Testing Materials 2004), a amostra é filtrada sob fluxo constante em um filtro padrão, monitorando-se o diferencial de pressão no filtro e o volume filtrado. O teste é concluído quando o diferencial de pressão ultrapassa 15 psi ou após a filtração de 300 mL de amostra. O resultado de tal ensaio é o fator de qualidade de filtrabilidade (F-QF), que representa a tendência do combustível em causar a obstrução do filtro por material insolúvel.

O óleo diesel começou a ser avaliado quanto à quantidade e ao tamanho de partículas segundo o método de teste NAS 1638 (Aerospace Industries of America, 2001), que estabelece limites de aceitação de limpeza de fluidos hidráulicos. A quantidade e o tamanho das partículas acarretam classes NAS (National Aerospace Standards) que definem a utilização do fluido conforme a ARP 598 (Aerospace Materials Division, 1986). A grande aceitação da norma NAS 1638 pelas indústrias levou ao desenvolvimento de outras normas, como a norma ISO 4406 (International Organization for Standardization, 1999), que é hoje o padrão mais usado para representar o nível de contaminação de fluidos industriais e pode ser usada como critério de comparação de qualidade entre os combustíveis (Worldwide Fuel Charter, 2006).

Conclusão

O conhecimento dos mecanismos de oxidação, a caracterização química das correntes e as respostas aos ensaios de envelhecimento constituem ferramentas para que seja avaliado o potencial de degradação do combustível. Embora as

reações de condensação e oxidação dos compostos heterocíclicos, em um meio complexo (como os combustíveis destilados médios), não representem um evento isolado, o impacto sobre a estabilidade à oxidação da incorporação de diversas correntes ao óleo diesel pode ser estimado. A formação de sedimentos resulta de uma série complexa de reações, não sendo possível determinar precisamente a estabilidade à estocagem de um combustível com base em uma única reação ou mecanismo.

Mesmo que os efeitos interativos entre as diversas espécies ativas no combustível precisem ser examinados detalhadamente, levando à determinação de quais compostos são prejudiciais e quais podem ser tolerados, a presença de compostos precursores do processo de degradação do óleo diesel – em correntes como o gasóleo de craqueamento catalítico – constitui um precioso indicativo do efeito prejudicial desta corrente na estabilidade do combustível obtido da mistura com o diesel de destilação direta. A utilização destas correntes sem o correto tratamento no óleo diesel comercializado por uma refinaria pode ser seriamente limitada ou inviabilizada.

Atenta à demanda por qualidade crescente de produtos e às mudanças no mercado de combustíveis, a Petrobras planeja investir maciçamente nos próximos anos em projetos visando à adequação do parque de refino para a melhoria da qualidade do óleo diesel e da gasolina, incluindo a entrada em operação, até 2014, de nove novas unidades de hidrotreatamento para a produção de óleo diesel com 50 ppm de enxofre.



Referências Bibliográficas

- AEROSPACE INDUSTRIES OF AMERICA. **NAS 1638**: cleanliness requirements of parts used in hydraulic systems. Arlington, VA: AIA, 2001. 2 p.
- AEROSPACE MATERIALS DIVISION. **ARP 598**: determination of particulate contamination in liquids by the particle count method. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 1986. 10 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D4625**: standard test method for middle distillate fuel storage stability at 43°C (110°F). West Conshohocken, PA: ASTM International, 2004. 6 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D5304**: standard test method for assessing middle distillate fuel storage stability by oxygen overpressure. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2005. 5 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D6426**: standard test method for determining filterability of middle distillate fuel oils. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2004. 6 p.
- BATTI, B. D.; FATHONI, A. Z. A literature review on fuel stability studies with particular emphasis on diesel oil. **Energy and Fuels**, Washington, D. C., v. 5, n. 1, p. 2-21, Jan. 1991.
- DORBON, M.; BERNASCON, C. Nitrogen compounds in light cycle oils: identification and consequences of ageing. **Fuel**, London, v. 68, n. 8, p. 1067-1074, Aug. 1989.
- FRANKENFELD, J. W.; TAYLOR, W. F.; BRINKMAN, D. W. Storage stability of synfuels from oil shale. 1. general features of sediment formation in model fuel systems. **Industrial and Engineering Chemistry Product Research and Development**, Washington, D. C., v. 22, p. 608-614, 1983a.
- FRANKENFELD, J. W.; TAYLOR, W. F.; BRINKMAN, D. W. Storage stability of synfuels from oil shale. 2. effects of nitrogen compound type and the influence of other nonhydrocarbons on sediment formation in model fuel systems. **Industrial and Engineering Chemistry Product Research and Development**, Washington, D. C., v. 22, p. 615-621, 1983b.
- GARNER, M. Q.; WHITE, E. W. Correlation of long-term storage and accelerated stability tests. In: STAVINOHA, L. L.; HENRY, C. P. (Ed.). **Distillate Fuel Stability and Cleanliness**. Philadelphia, Pa.: American Society for Testing and Materials, 1981. p. 34. (ASTM. Special technical publication, 751).
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4406**: hydraulic fluid power – fluids – method for coding the level of contamination by solid particles. Geneva: ISO, 1999. 12 p.
- MUSHRUSH, G. W.; BEAL, E. J.; HARDY, D. R.; HUGHES, J. M. Nitrogen compound distribution in middle distillate fuels derived from petroleum, oil shale, and tar sand sources. **Fuel Processing Technology**, v. 61, n. 3, p. 197-210, 1999.
- PEDLEY, J. F.; HILEY, R. W.; HANCOCK, R. A. Storage stability of petroleum-derived diesel fuel. 1. analysis of sediment produced during the ambient storage of diesel fuel. **Fuel**, London, v. 66, n. 12, p. 1646-1651, Dec. 1987.
- PEDLEY, J. F.; HILEY, R. W.; HANCOCK, R. A. Storage stability of petroleum-derived diesel fuel. 2. the effect of sulphonic acids on the stability of diesel fuels and a diesel fuel extract. **Fuel**, London, v. 67, n. 4, p. 469-473, Apr. 1988b.
- PEDLEY, J. F.; HILEY, R. W.; HANCOCK, R. A. Storage stability of petroleum-derived diesel fuel. 3. identification of compounds involved in sediment formation. **Fuel**, London, v. 67, n. 8, p. 1124-1130, Aug. 1988a.
- PEDLEY, J. F.; HILEY, R. W.; HANCOCK, R. A. Storage stability of petroleum-derived diesel fuel. 4. synthesis of sediment precursor compounds and simulation of sediment formation using model systems. **Fuel**, London, v. 68, n. 1, p. 27-31, Jan. 1989.
- STAVINOHA, L. L.; WESTBROOK, S. R. Accelerated stability test techniques for middle distillate fuels. In: STAVINOHA, L. L.; HENRY, C. P. (Ed.). **Distillate fuel stability and cleanliness**. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1981. p. 3-21. (ASTM. Special technical publication, 751).
- VON WIELLIGH, A. J.; BURGER, N. D. L.; VAAL, P. L. Influence of fuel quality on diesel injector failures. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM FUELS, 5., 2004, Stuttgart, Germany. **Proceedings...** Ostfildern: Technische Akademie Esslingen, 2004.
- White, E. W. **Storage stability of distillate fuels for ships**. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1973. p. 143-166. (ASTM. Special technical publication, 531).

Webgrafia

- WORLDWIDE fuel charter. 4th ed. Brussels, Belgium: European Automobile Manufacturers Association; Washington, D. C.: Alliance of Automobile Manufacturers; Chicago, IL: Engine Manufacturers Association; Tokyo: Japan Automobile Manufacturers Association, 2006. 68 p. Disponível em: < http://www.jama.or.jp/eco/wwfc/pdf/WWFC_Sep2006_Brochure.pdf >. Acesso em: 21 nov. 2006.

Autores



Marcelo Vieira Alves

Centro de Pesquisas da Petrobras
(Cenpes)
Gerência de Combustíveis
email: marvial@petrobras.com.br

Marcelo Vieira Alves é engenheiro de processamento da Petrobras desde setembro de 2002, atualmente lotado na Gerência de Combustíveis do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes).



Mauro Iurk Rocha

Centro de Pesquisas da Petrobras
(Cenpes)
Gerência de Combustíveis
email: miurk@petrobras.com.br

Mauro Iurk Rocha é engenheiro químico formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1980. Ingressou na Petrobras em 1980, onde vem trabalhando em projetos de pesquisa com óleo diesel, biodiesel e combustíveis de aviação.



Fátima Maria Zanon Zotin

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)
Instituto de Química
email: fzotin@uerj.br

Fátima Maria Zanon Zotin é engenheira química formada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Ingressou na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) em 1999 e atualmente é professora adjunta do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química do Instituto de Química da UERJ. Tem experiência nas áreas de Tecnologia Química, Catálise Heterogênea e Petróleo e Petroquímica. Tem atuado nas seguintes linhas de pesquisa: catálise automotiva, processos catalíticos relacionados a biocombustíveis e qualidade de combustíveis.



Ricardo Rodrigues da Cunha Pinto

Recursos Humanos
Gerência de Escola de Ciências e Tecnologias
email: rcp@petrobras.com.br

Ricardo Rodrigues da Cunha Pinto é Engenheiro Químico formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Doutor em Engenharia Química pela mesma Universidade. Ingressou na Petrobras como Engenheiro de Processamento em 1985 e, até 2005, trabalhou no Centro de Pesquisas da Petrobras. Como principais atividades, atuou no desenvolvimento de processos e produtos nas áreas de refino de petróleo, petroquímica e biocombustíveis. Desde 2005, é Professor nos cursos de formação em engenharia, na Universidade Petrobras.