

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE DRX, FRX, FEG, EPMA E MICRODUREZA PARA CARACTERIZAR O MATERIAL DE BICO INJETOR QUE OPERA A ATÉ 2000 BAR

E.P. Veras¹, D.R.S. Medeiros¹, E.T. Carvalho Filho¹, J.T.N. Medeiros¹, M.F. Oliveira
Filho², L.C. Silva¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte

²Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte
emiliaveras@gmail.com

RESUMO

O bico injetor é uma peça chave do sistema de alimentação de combustível diesel e determina o desempenho eficiente e o nível de emissões que os motores do ciclo diesel geram. Devido às crescentes evoluções nos sistemas de alimentação de combustível de motores do ciclo diesel, como também a diversidade de fabricantes e países que produzem componentes para este subsistema, observou-se a necessidade de estudar a interação de alguns componentes com os combustíveis, que vêm sendo constantemente modificados. Este artigo apresenta a utilização de técnicas usuais para caracterização de materiais em laboratório, aplicando-a um componente do subsistema de injeção, o elemento do bico injetor. Foram utilizados elementos de bicos injetores novos, submetidos a limpeza, lixamento, polimento e ataques químicos com os respectivos reagentes. Foram utilizadas técnicas de DRX, FRX, FEG, EPMA e Microdureza, para aquisição dos resultados. Observou-se o uso de materiais funcionalmente gradados, FGM, constatando-se propriedades mecânicas diferentes entre a camada mais externa e a mais interna, onde há contato com o combustível sobre alta pressão. Os resultados são discutidos e sugerem-se materiais com propriedades mais indicadas à mitigação do desgaste e, portanto, das emissões de particulados sólidos.

Palavras Chave: caracterização, bico injetor, diesel, composição.

INTRODUÇÃO

O bico injetor é um componente importante no desempenho de um motor Diesel. Sendo ele responsável por atomizar o combustível dentro do cilindro do motor. O combustível é pulverizado através do bico injetor, a alta pressão, para melhorar a mistura do combustível com o ar e, conseqüentemente, a eficiência de combustão (Asi, 2006).

O desenvolvimento dos sistemas de injeção eletrônica teve crescente avanço nos últimos anos, sendo um dos mais utilizados o sistema de injeção *common-rail*, o qual opera com elevadas taxas de pressão, que garante maior eficiência do processo de injeção. A condição de operação deste sistema, atualmente, está em torno de 2000 bar (Wloka et al, 2010, Bosch 2012).

As composições químicas e microestruturais de modelos utilizados na injeção dos automóveis ainda são pouco discutidas na literatura, apesar da grande importância que os elementos exercem sobre as propriedades finais dos componentes.

É grande importância conhecer os componentes presentes nos materiais utilizados neste tipo de sistema, visto que a partir deste conhecimento é possível determinar características importantes para o seu funcionamento. Uma das formas para se obter essas informações são através das técnicas de caracterização, uma vez que estas utilizam técnicas instrumentais de análise visando à compreensão de diferentes aspectos relacionados à composição (massa molecular, número de oxidação, etc.) e estrutura (ligações químicas, fase cristalina, etc.) de materiais que estão diretamente ligadas as propriedades químicas e físicas dos mesmos (GOMES, 2015).

Diante disso, este artigo tem por objetivo caracterizar químico e estruturalmente bicos injetores *common-rail* através das técnicas de difração de Raios-x (DRX), fluorescência de Raio - X (FRX), microscopia eletrônica de varredura com canhão de emissão de campo (FEG), microdureza e Microanalísadores de sonda eletrônica (EPMA).

METODOLOGIA

Para realização do trabalho foram utilizados bicos injetores comerciais oriundos de um mesmo fabricante.

Inicialmente o material foi seccionado por eletroerosão, a fim de não haver mudanças em sua microestrutura. Posteriormente a parte seccionada passou por processo de embutimento em baquelite, seguindo-se por lixamento (com lixas de #400, #600 e #1200) e polimento com uma suspensão de alumina (1 μ m). Para revelar a microestrutura foi utilizada uma solução de Nital com concentração de 2% (álcool etílico 98% e ácido nítrico 2%). Na fig. 1 é possível observar a seção de onde a mostra foi retirada.

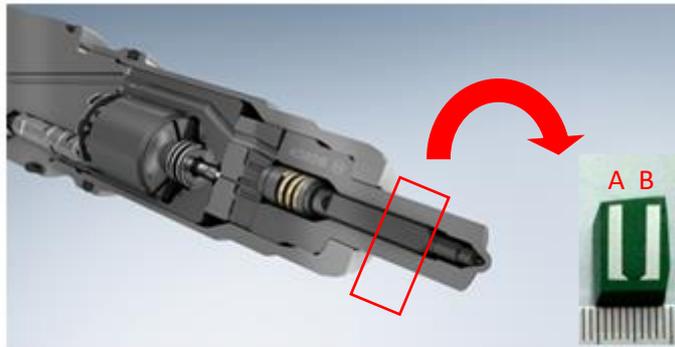


Figura 1: Esquema do corte e Embutimento do material do bico injeto.

A análise química foi realizada pelo Espectrômetro de Fluorescência de Raios X (FRX) Shimadzu 1800 com a metodologia por comprimento de onda. A análise de Difratomia de Raios X (DRX) foi realizada em um difratômetro do tipo Shimadzu 7000 com alvo de CuK α (1,54Å), a varredura foi realizada de 10° à 120° o passo de 0,02° numa velocidade de 1°/minuto.

As micrografias foram obtidas por microscópio eletrônico com canhão de emissão de campo FEG Zeiss-Auriga e as imagens de dispersão dos elementos ao longo do corpo de prova foram obtidas com o auxílio de uma microssonda Shimadzu 1720.

O ensaio de microdureza foi realizado, no material embutido após metalografia, em microdurômetro do tipo Pantec-HVS 1000. As indentações foram realizadas com indentador de diamante do tipo pirâmide, utilizando uma carga de 25gf (HV_{0,025}) por 15s, ao longo de todo corpo de prova, totalizando 98 indentações. As indentações

foram realizadas partindo da borda externa à interna, com espaçamento de 20µm à direita e abaixo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab.1 mostra os resultados obtidos a partir da análise química por fluorescência de Raio X.

Tabela 1: Análise química por FRX.

Ferro	Cromo	Níquel	Manganês	Silício	Molibdênio
95,8	2,1	1,68	0,45	0,28	0,006

Através dessa técnica não é possível detectar a presença de Carbono, por se tratar de um elemento leve, porém observando os elementos encontrados é possível constatar que se trata de uma liga de Fe-Cr-Ni. Este resultado é compatível com os resultados apresentados por Bilha (2016), que caracterizou seus materiais através da microanálise por EDS, indicando que tratando-se assim de um aço DIN 18CrNi8, estando ainda estes resultados de acordo com a composição nominal deste aço, descrito no catálogo Edelstahlwerke (2011).

A fig. 2 apresenta o mapeamento via EDS, obtido através do EPMA.

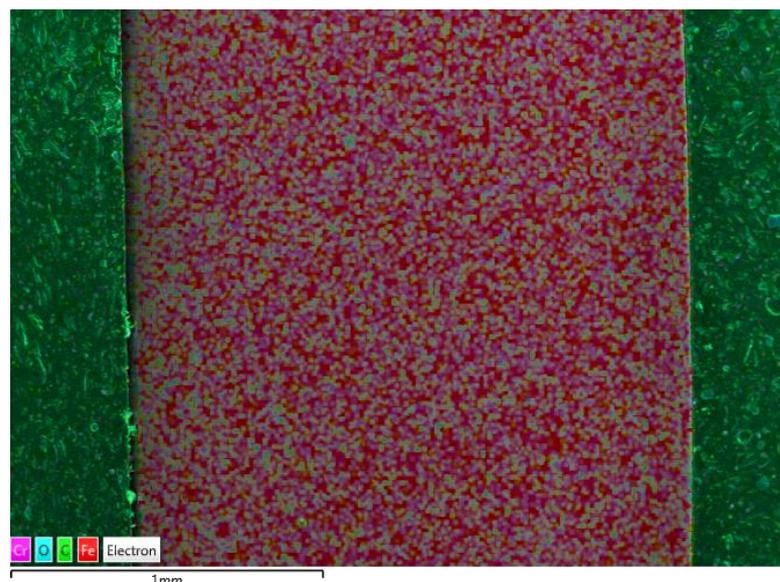


Figura 2: Mapeamento via EDS do bico injetor.

A fig. 2 mostra a distribuição de alguns elementos ao longo do corpo de prova, através dela é possível notar que a distribuição é homogênea ao longo de todo o material.

A análise realizada por Difratometria de Raio X, apresentada na fig. 3, mostra a formação de picos característicos da fase ferrita, carta JCPDS 6-696 e do Cromo, Carta JCPDS 88 – 2323.

Figura 2: Difratograma de Raio X do bico injetor.

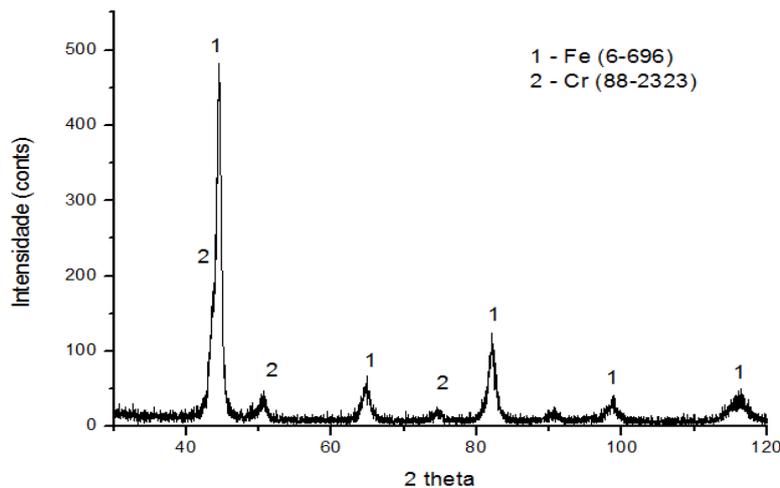


Figura 3: Difratograma de Raio X do bico injetor.

A fig. 4 apresenta os resultados de microdureza realizados ao longo de todo o corpo de prova embutido.

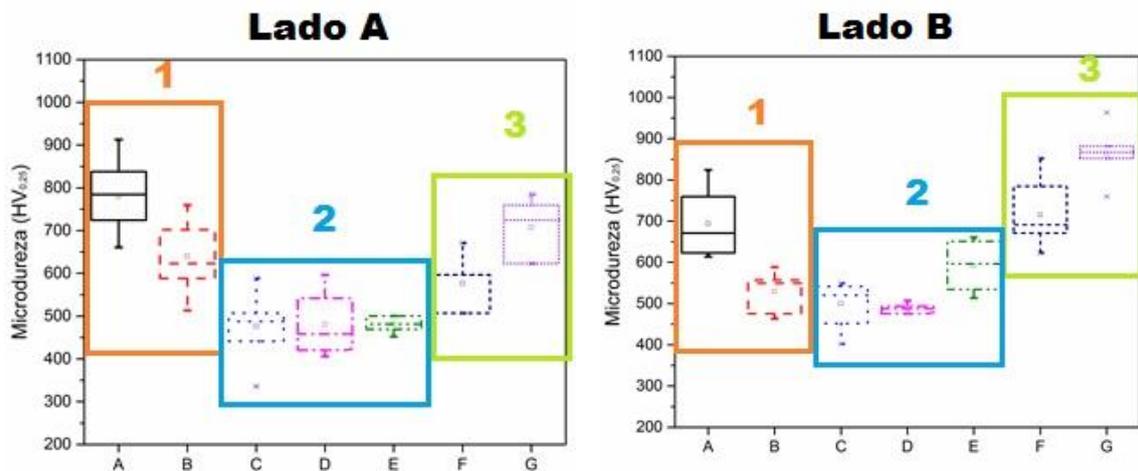


Figura 4: Resultados das medidas de microdureza realizadas no lado A e lado B.

Regiões: 1 – borda externa; 2 – centro; e 3 – borda interna.

De acordo com as medidas de microdureza apresentadas é possível notar que há uma tendência de menor dureza na região central, o que pode indicar a presença de um tratamento térmico ou superficial, visto que a taxa de resfriamento do centro será menor que a das bordas, gerando um padrão de dureza diferente ao longo do corpo de prova. Isso pode ser comprovado através das micrografias apresentadas na fig. 5.

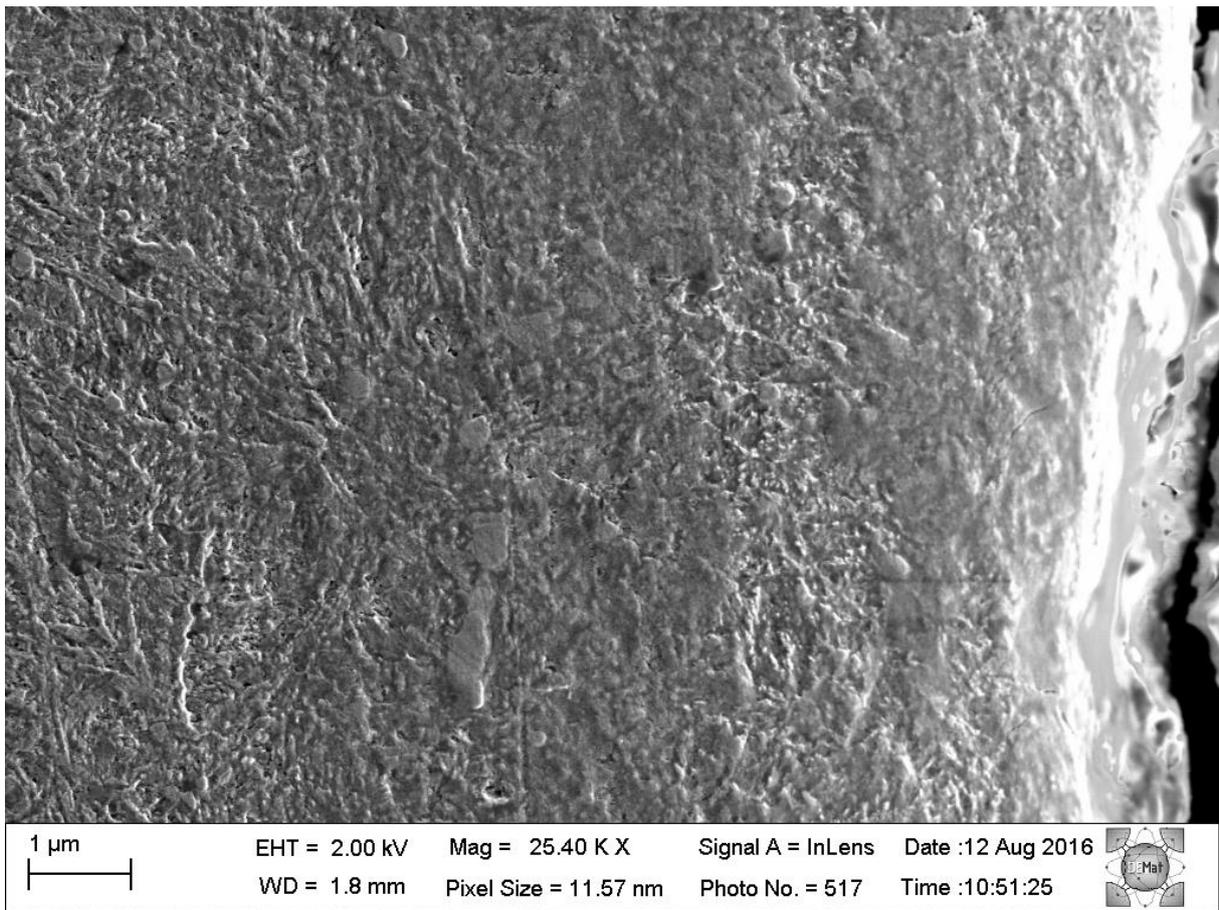


Figura 5: Micrografia da borda do bico injetor.

Através da fig. 5, é possível notar uma diferença microestrutural ao longo do corpo de prova, confirmando a realização de um tratamento térmico proveniente do seu processo de fabricação, caracterizando assim um material funcionalmente gradado (FGM), que são materiais que possuem variação contínua de propriedades ao longo da sua geometria (Odorczyk, 2011).

As fig. 6 mostra as microestruturas da borda interna, centro e borda externa do material do bico injetor.

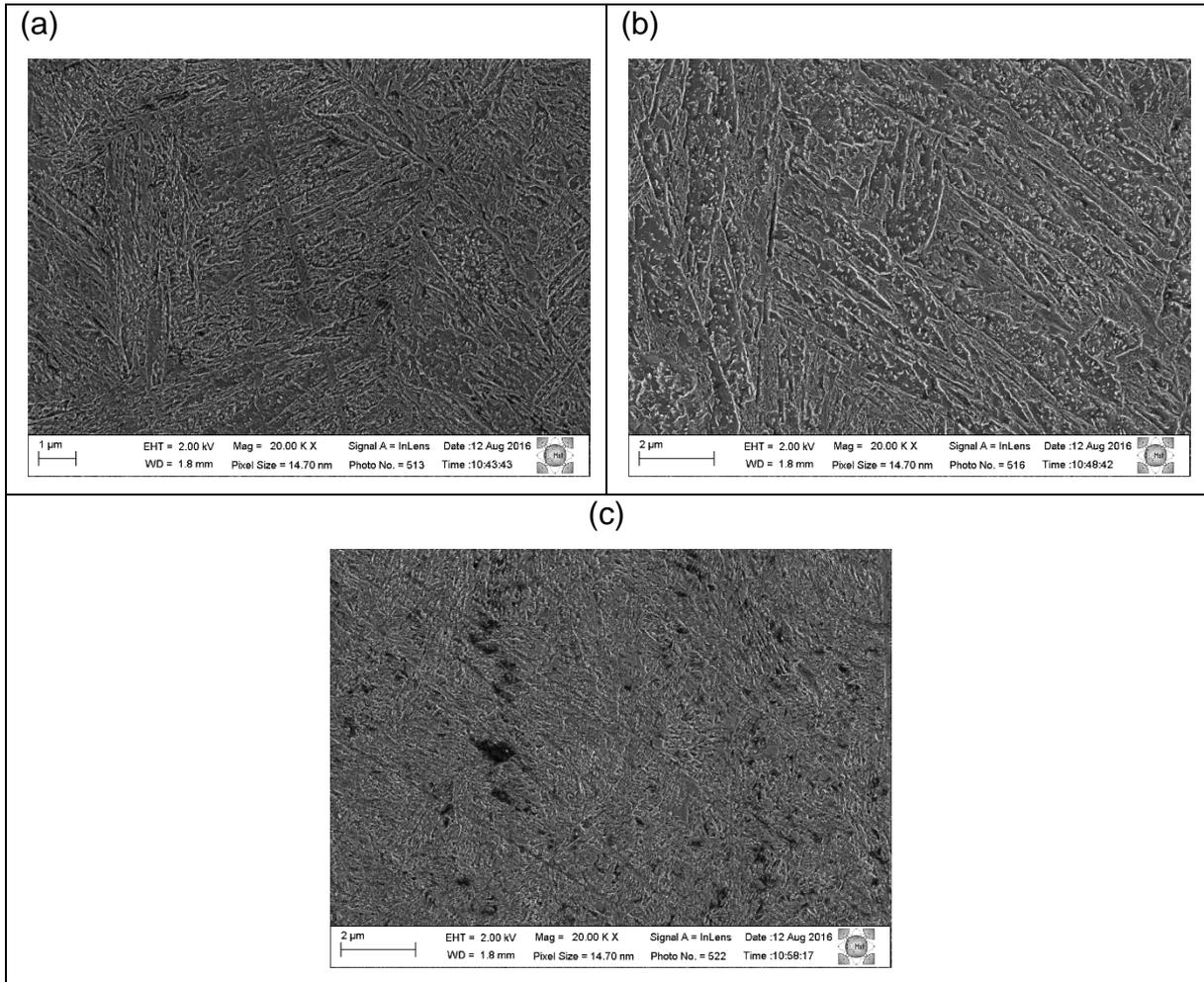


Figura 6 – Microestrutura do bico injetor (a – borda interna; b – centro; c – borda externa).

As imagens acima evidenciam a formação de estruturas fora do equilíbrio, que possivelmente são oriundas de tratamentos térmicos, visto que a taxa de resfriamento não é regular ao longo do corpo de prova. As microestruturas aliadas ao perfil de dureza confirmam mais uma vez o que foi discutido anteriormente, que trata-se de um material funcionalmente gradado, que possui em suas bordas características distintas do centro do material.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados é possível concluir que:

- O material do bico injetor consisti em uma liga Fe-Cr-Ni;
- O material apresenta composição do aço DIN 18CrNi8;

- As microestruturas obtidas são metaestáveis e mostram que houve a realização de um tratamento térmico;
- O bico injetor trata-se de um material funcionalmente gradado, sendo demonstrado através dureza e microestruturas distintas ao longo do corpo de prova.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Dr. Nicolau Apoena Castro pelas contribuições do trabalho, aos membros do Grupo de Estudos de Tribologia e Integridade Estrutural da UFRN (GET-UFRN), aos membros do Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduos (NUPPRAR – UFRN), aos Departamentos de Engenharia de Materiais e Engenharia Mecânica da UFRN.

REFERÊNCIAS

ASI, OSMAN. Failure of a diesel engine injector nozzle by cavitation damage. *Engineering Failure Analysis*, v. 13, n. 7, p. 1126-1133, 2006.

BILHA, VITOR MEIRA. Análise do processo de retificação interna aplicado à fabricação de bicos injetores diesel. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/programas/ppgem/banco-teses/dissertacoes/2015/Vitor_Meira_Bilha_21.01.2016.pdf> Acesso em 22 de julho de 2016.

BOSCH. Robert Bosch GmbH. Common Rail Systems with up to 2,000 bar for off-highway applications. Germany, 2012. Disponível em: <http://www.bosch-presse.de/pressportal/media/migrated_download/de/8096CRS2-20-OHW_Factsheet-e.pdf>.

EDELSTAHLWERKE, Catálogo do aço 1.5920: DIN 18CrNi8. Disponível em: <https://www.dew-stahl.com/fileadmin/files/dew-stahl.com/documents/Publikationen/Werkstoffdatenblaetter/Baustahl/1.5920_de.pdf>

GOMES, PEDRO BARROSO. Caracterização de materiais: uma abordagem das possibilidades de algumas técnicas instrumentais. São João Del Rei, 2015. Disponível em: http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-Pedro_B_Gomes-20151.pdf Acesso em: 10 de agosto de 2016.

ODORCZYK, Marcos Fernando. Uma estratégia numérica para análise termoelástica de sólidos recobertos com filmes de material funcionalmente gradado (FGM). 2011. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais – Área: Modelamento Numérico de Materiais e Simulação de Processos – Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Joinville, 2011.

WLOKA, JOHANN A.; PFLAUM, SEBASTIAN; WACHTMEISTER, GEORG. Potential and challenges of a 3000 bar common-rail injection system considering engine behavior and emission level. SAE International Journal of Engines, v. 3, n. 2010-01-1131, p. 801-813, 2010.

TITLE

The injector nozzle is a fundamental part of the diesel fuel system and determines the diesel's performance and level of emissions. Due to the developments in the fuel supply of diesel engines systems increasing as well as the diversity of manufacturers and countries producing components for this subsystem, there is a need to study the interaction of some components with fuels that have been constantly modified. This article discloses the use of usual techniques for material characterization applying an injection subsystem component element of the injector nozzle. New nozzles elements were used, subordinate to cleaning, grinding, polishing and chemical attacks with their reagents. Techniques as XRD, XRF, FEG, EPMA and Microhardness have been used for the results acquisition. It was observed the use of functionally Screenings materials having noticed different mechanical properties between the outermost layer and the innermost where there is contact with the high pressure fuel. The results are discussed and suggested materials with more suitable properties for wear mitigation and therefore emissions of particulate solids.

Key-words: Injector nozzle, characterization, diesel, composition