

CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS DE *SPRAYS* PRODUZIDOS POR UM INJETOR EFERVESCENTE PARA DIFERENTES MISTURAS COMBUSTÍVEIS

Otávio Mendes da Silva, otaviomendesdsilva@gmail.com¹

Bruna Monise Delfino, brunamonisedelfino@hotmail.com¹

Cláudia Gonçalves de Azevedo, claudia.azevedo@unesp.br¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus Experimental de Rosana – Avenida dos Barrageiros, 1881, Primavera, SP, Brasil.

Resumo: As crescentes preocupações com as questões ambientais e uso dos combustíveis fósseis, despertam o interesse para a utilização de biocombustíveis, em especial o etanol e o biodiesel, bem como a mistura destes com a gasolina e o diesel para aplicações industriais. Portanto, é de grande importância investigar a utilização de biocombustíveis com o objetivo de reduzir custos, aumentar a eficiência de operação e reduzir a emissão de poluentes. Para promover essa combustão com a máxima eficiência, um injetor deve fornecer um spray de combustível que evapora e se dispersa rapidamente para produzir uma mistura homogênea de combustível vaporizado e ar. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo determinar as principais propriedades físico-químicas que influenciam as características de um spray: densidade, viscosidade e tensão superficial para diferentes misturas de combustível fóssil convencional (diesel S500) e biocombustíveis (etanol hidratado e biodiesel de soja e sebo bovino), bem como determinar o tamanho médio teórico (diâmetro médio de Sauter - SMD) de gotas produzidas em um injetor do tipo efervescente para as misturas analisadas a partir da equação de Lund *et al.* (1993), bem como determinar o coeficiente de descarga teórico fazendo uso da equação de Lefebvre, 1988 e Wang *et al.*, 1989.

Palavras-chave: Spray, Injetor efervescente, diâmetro médio de Sauter, Coeficiente de Descarga,

1. INTRODUÇÃO

Nos processos de queima de combustíveis líquidos, a utilização de processos de atomização para a produção de sprays representa um dos principais métodos para a obtenção das respectivas taxas de evaporação do combustível, com subsequente ignição e formação de chama.

A atomização é um processo importante em sistemas de geração de energia, combustão, propulsão, e transporte, dentre outros. O processo de atomização ocorre quando um jato, folha ou um filme líquido é desintegrado pela energia cinética do próprio líquido, pela exposição a uma corrente de ar ou de gás em alta velocidade, ou ainda como resultado de energia mecânica externa aplicada através de dispositivos rotativos ou vibratórios (Lefebvre, 1989).

Um novo método de atomização, chamado de atomização efervescente (EA), foi desenvolvido na década de 1980 por Lefebvre e colegas de trabalho (Lefebvre *et al.*, 1988, Lefebvre, 1988, Roesler e Lefebvre, 1989, Wang *et al.*, 1989). Os injetores efervescentes compõem-se basicamente de quatro partes principais: uma entrada do gás de atomização, outra entrada para fornecimento de líquido, uma câmara de mistura onde o gás é borbulhado na corrente líquida e um orifício de saída. O gás flui através dos orifícios aeradores para a câmara de mistura, formando um escoamento borbulhante.

Na forma mais simples do injetor efervescente (Figura 1), gás é injetado diretamente em um líquido escoando a baixa velocidade a montante do orifício de saída do injetor de modo que é criado um escoamento bifásico borbulhante. Quando a mistura do fluxo borbulhante escoar pelo orifício de descarga do injetor as bolhas expandem-se rapidamente quebrando o líquido circundante em ligamentos que se tornam instáveis e se desintegram levando à formação gotas relativamente grandes (Withlow e Lefebvre, 1993).

O processo de atomização efervescente pode ser dividido em três etapas. Na primeira etapa, ocorre a mistura interna do gás e líquido, de modo que o gás de atomização é borbulhado na massa líquida a baixa velocidade, formando bolhas que produzem um escoamento bifásico que se movimenta para o orifício de saída do atomizador. Na segunda etapa, que ocorre na vizinhança do orifício de saída, ao escoar através da seção de saída do bocal, a fase gasosa expande-se rapidamente e quebra o líquido, gerando ligamentos e gotas finas. Esta etapa pode ser chamada de atomização primária. As gotículas e ligamentos produzidos são instáveis no spray turbulento, de modo a permitir sua quebra.

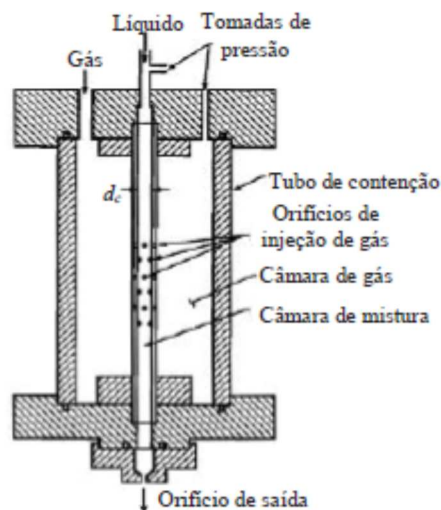


Figura 1. Injetor efervescente. Adaptado de Chen e Lefebvre (1994).

Na terceira etapa, as gotas produzidas pela atomização primária são submetidas a uma série de eventos, tais como separação por colisão, quebra de gotas e coalescência, que pode ser chamada de etapa de quebra secundária (Qian *et al.*, 2010). Estes injetores requerem uma pequena quantidade de ar para produzir um spray muito fino. O desempenho do injetor é relativamente insensível a viscosidade cinemática do fluido, e o diâmetro maior do orifício evita problemas de entupimento e simplifica a fabricação (Sovani *et al.*, 2001b).

Este tipo de atomizador foi largamente estudado por Lefebvre e colaboradores, sendo encontrados inúmeros trabalhos na literatura, dentre os quais, Lefebvre *et al.* (1988), Roesler e Lefebvre (1989), Wang *et al.* (1989), Chin e Lefebvre (1993, 1995), Whitlow e Lefebvre (1993), Sovani *et al.* (2001a,b), Lörcher, *et al.* (2005), Konstantinov, *et al.* (2010). Tais injetores apresentam algumas vantagens sobre atomizadores de pressão convencional, rotativo e de fluido duplo, tais como, capacidade de gerar boa atomização com baixas pressões de injeção, capacidade de produzir gotas de tamanhos menores para qualquer pressão de injeção, requerem menores vazões de gás, produzem *sprays* conducentes a uma redução das emissões de poluentes, devido à presença de ar (gás de atomização) no núcleo do *spray* e são dispositivos simples, robustos e confiáveis, exigindo pouca ou nenhuma manutenção e pode ser operado a baixo.

Uma vez que o injetor efervescente apresenta diversas vantagens quando comparado aos injetores convencionais o mesmo está se tornando cada vez mais comuns em inúmeras aplicações de engenharia. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo determinar as principais propriedades de misturas de combustíveis fósseis e biocombustíveis para futura aplicação em sistemas de combustão, bem como determinar o diâmetro médio de Sauter (SMD) das gotas geradas por um injetor efervescente a partir da equação proposta por Lund *et al.* (1993) e o coeficiente de descarga utilizando a equação de Lefebvre, 1988 e Wang *et al.*, 1989 para diferentes proporções de misturas.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os principais parâmetros para determinar o diâmetro médio de gota, formado a partir da atomização do jato líquido através do injetor, são a densidade, viscosidade e tensão superficial das misturas em análise, a fim de analisar suas propriedades físico-químicas que influenciam no processo de atomização. Para as misturas obtidas foram utilizados os seguintes combustíveis: etanol hidratado (E), biodiesel de soja e sebo bovino (B) e diesel S500 (D). As misturas a serem analisadas são apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Misturas combustíveis.

Amostra	Proporção (%)
E	100
B	100
D	100
B/E	30/70
B/E	50/50
B/E	70/30
D/B	30/70
D/B	50/50
D/B	70/30

Para a determinação da massa específica das misturas emprega-se a técnica de picnometria utilizando o picnômetro do tipo Gay-Lussac (Figura 2).



Figura 2. Picnômetro Gay-Lussac.

O procedimento experimental consiste em medir a temperatura do líquido cuja massa específica será determinada, medir a temperatura da água destilada, medir massa de cada picnômetro vazio (m_1), medir a massa de cada picnômetro com o líquido cuja densidade será determinada (m_2), medir a massa de cada picnômetro com água (m_3) e por fim obter a média das massas m_1 , m_2 e m_3 medidas nos três picnômetros. A massa do líquido cuja massa específica vai ser determinada pode ser calculada pela relação $m_{\text{líquido}} = m_2 - m_1$, enquanto a massa da água é dada por $m_{\text{água}} = m_3 - m_1$. Desse modo, a massa específica do líquido (kg/m^3) é determinada pela seguinte equação: $\rho_{\text{líquido}} = (m_2 - m_1 / m_3 - m_1) \rho_{\text{água}}$, sendo $\rho_{\text{água}}$ a massa específica da água à temperatura da água registrada no momento da medição obtida a partir de dados tabelados.

Para a determinação da viscosidade dinâmica $\eta = \nu / \rho$ das misturas analisadas no presente trabalho será utilizado o viscosímetro de Ostwald Cannon Fenske (Figura 3).



Figura 3. Viscosímetro de Ostwald Cannon Fenske.

Inicialmente o viscosímetro é colocado em um béquer contendo água a uma temperatura conhecida. Em seguida o viscosímetro é preenchido com certa quantidade da mistura analisada no reservatório, até a extremidade de baixo do capilar. Logo em seguida, succiona-se a mistura com uma peça de borracha até que o nível do líquido esteja acima da marca existente sobre a seção expandida imediatamente acima do capilar. Deixa-se o fluido escoar através do tubo capilar pela ação da gravidade, registrando-se o tempo decorrido pelo escoamento do líquido, até que a superfície livre do líquido no reservatório acima do capilar atinja a marca existente na extremidade de cima do capilar. A partir dos dados de tempo coletado realiza-se uma comparação com o tempo da água destilada. A viscosidade dinâmica é determinada pela seguinte equação: $\eta_{\text{líquido}} = \eta_{\text{água}} \left[\left(\rho_{\text{líquido}} \cdot t_{\text{líquido}} \right) / \left(\rho_{\text{água}} \cdot t_{\text{água}} \right) \right]$, sendo $\eta_{\text{líquido}}$ e $\eta_{\text{água}}$ respectivamente as viscosidades dinâmicas do líquido e da água, $\rho_{\text{líquido}}$ e $\rho_{\text{água}}$ respectivamente as densidades do líquido e da água, $t_{\text{líquido}}$ e $t_{\text{água}}$ respectivamente os tempos de escoamento do líquido e da água.

Para a determinação de tensão superficial das misturas analisadas no presente trabalho será utilizado método do anel (Figura 4), que consiste em mergulhar totalmente um anel metálico no líquido analisado e em seguida retirá-lo, medindo-se a força utilizada. A tensão superficial é determinada pela seguinte equação: $\sigma = (F_2 - F_1) / 4\pi r_{\text{anel}}$ sendo

$F_0 = F_2 - F_1$ em que F_1 é o peso do anel e F_2 é a força medida no momento da quebra da película a partir da utilização de um dinamômetro de precisão.



Figura 4. Medição da tensão superficial.

No presente trabalho serão determinados os diâmetros médios de Sauter (SMD) e o coeficiente de descarga para cada mistura analisada utilizando como referência o injetor efervescente proposto por Ayala, 2016 (Figura 5).

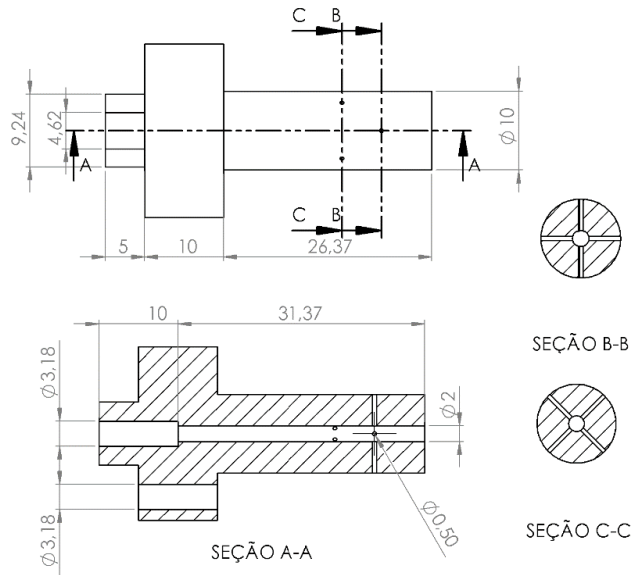


Figura 5. Injetor efervescente desenvolvido por Ayala, 2016.

Em virtude da natureza aleatória do processo de atomização, o spray produzido por um injetor é composto por gotas e gotículas com grande variabilidade de diâmetros. Sendo assim, para se caracterizar um spray com um único valor de diâmetro de gota é necessário ter alguma função estatística dos tamanhos das gotas medidas.

Uma vez que a atomização efervescente envolve fenômenos complexos bifásicos, a modelagem de tais sistemas se torna bastante difícil de modo que poucos estudos são encontrados na literatura. Lund *et al.* (1993) desenvolveram um modelo para prever o tamanho da gota de um spray produzido por um injetor efervescente a partir do conhecimento do fluxo mássico do gás e do líquido e propriedades físicas do líquido.

$$SMD = \left[\frac{3}{2} \cdot \sqrt{2} \pi d_L^3 \left(1 + \frac{3\mu_l}{\sqrt{\rho_l \sigma_l d_L}} \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (1)$$

sendo d_L o diâmetro do ligamento, ρ_l , σ_l , μ_l , respectivamente, a densidade, a tensão superficial e a viscosidade do líquido. O diâmetro do ligamento d_L pode ser relacionado com a espessura do filme que circunda a bolha de ar no orifício de saída, d_l . Aplicando a equação da continuidade para a fase gasosa e fase líquida podemos calcular d_l :

$$\frac{4(d_l^2 + d_l d_a)}{d_a^2} = \frac{sr \rho_a}{\rho_l ALR} \quad (2)$$

sendo d_a o diâmetro do ar, ρ_a a densidade do ar e ALR a razão entre a vazão mássica de ar e a vazão mássica de líquido, $ALR = \dot{m}_a / \dot{m}_l$.

Tal equação requer o conhecimento da razão de divisão, sr , definida como a razão entre a velocidade do ar e a velocidade do líquido. Para calcular sr adota-se a equação de Ishii ():

$$sr = \sqrt{\left(\frac{\rho_l}{\rho_a}\right)} \left(\frac{(\sqrt{\alpha})}{1 + 75(1 - \alpha)} \right)^{0.5} \quad (3)$$

Onde α a fração de vazios é determinada iterativamente pela equação:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \rho_a sr / \rho_l ALR} \quad (4)$$

O coeficiente de descarga é um parâmetro importante do injetor, uma vez que afeta diretamente a combustão. Lefebvre (1989) definiu o coeficiente de descarga como sendo uma medida da extensão em que o líquido escoar através do orifício de descarga fazendo pleno uso da área disponível para escoar, portanto, o coeficiente de descarga depende da quantidade de área disponível para o escoamento do líquido.

No presente trabalho o coeficiente de descarga, c_d , será determinado utilizando a equação apresentadas por Lefebvre, 1988, Wang *et al.*, 1989:

$$c_d = \frac{\dot{m}_l}{\left(\frac{\pi}{4}\right) d_o^2 (2\rho_l \Delta P_l)^{1/2}} \quad (5)$$

sendo $\dot{m}_l$ a vazão mássica de líquido, d_o o diâmetro do orifício de saída, ρ_l a densidade do líquido, ΔP_l a queda de pressão do líquido e ALR a razão ar-líquido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para as propriedades físico-químicas das misturas analisadas são apresentados na Tabela 2.

Verifica-se que um aumento na porcentagem de biodiesel nas misturas com etanol e diesel conduz a um aumento na densidade e viscosidade das misturas. Verifica-se ainda que para a mistura B/E a maior tensão superficial obtida foi para a mistura que contém uma maior proporção de biodiesel, B/E (70/30), e para a mistura B/D a maior tensão superficial obtida foi para a mistura que contém uma maior proporção de diesel, B/D (30/70). Maiores densidades, viscosidades e tensões superficiais conduzem a uma maior resistência de escoamento do combustível, o que pode dificultar o processo de atomização.

As Figuras 6, 7 e 8 mostram o efeito da ALR no SMD e no coeficiente de descarga para os combustíveis puros e para as misturas considerando a vazão de ar constante, $\dot{m}_a = 0,06 \text{ g/s}$ e a vazão de líquido variando, $0,14 < \dot{m}_l < 0,47 \text{ g/s}$. A Tabela 2 mostra as faixas de ALR, diâmetros médios teóricos e coeficientes de descarga obtidos.

Os resultados obtidos mostram que o SMD e o coeficiente de descarga não são funções lineares da ALR. Em todos os casos a ALR desempenha um papel fundamental na determinação do tamanho de gotas do spray.

Em geral, para uma vazão mássica constante de ar o SMD exibe uma tendência para aumentar com o aumento da vazão mássica de líquido e diminuição da ALR, e diminuir com o aumento da ALR, uma vez que $ALR = \dot{m}_a / \dot{m}_l$. O aumento no SMD com o aumento na ALR é esperado, haja vista que para uma mesma quantidade de ar é fornecida uma quantidade maior de líquido dificultando processo de atomização.

Tabela 2. Propriedades das misturas analisadas.

<i>Amostra</i>	<i>Densidade, ρ, (kg/m³)</i>	<i>Viscosidade, η, (cP)</i>	<i>Tensão superficial, σ, (N/m)</i>
Diesel	832,58	3,63	0,0363
Biodiesel	882,51	5,79	0,0354
Etanol	812,62	1,40	0,0239
B/E (30/70)	809,78	2,10	0,0230
B/E (50/50)	845,48	2,54	0,0265
B/E (70/30)	861,70	3,54	0,0274
B/D (30/70)	859,44	4,37	0,0363
B/D (50/50)	866,72	4,75	0,0309
B/D (70/30)	869,87	5,10	0,0292

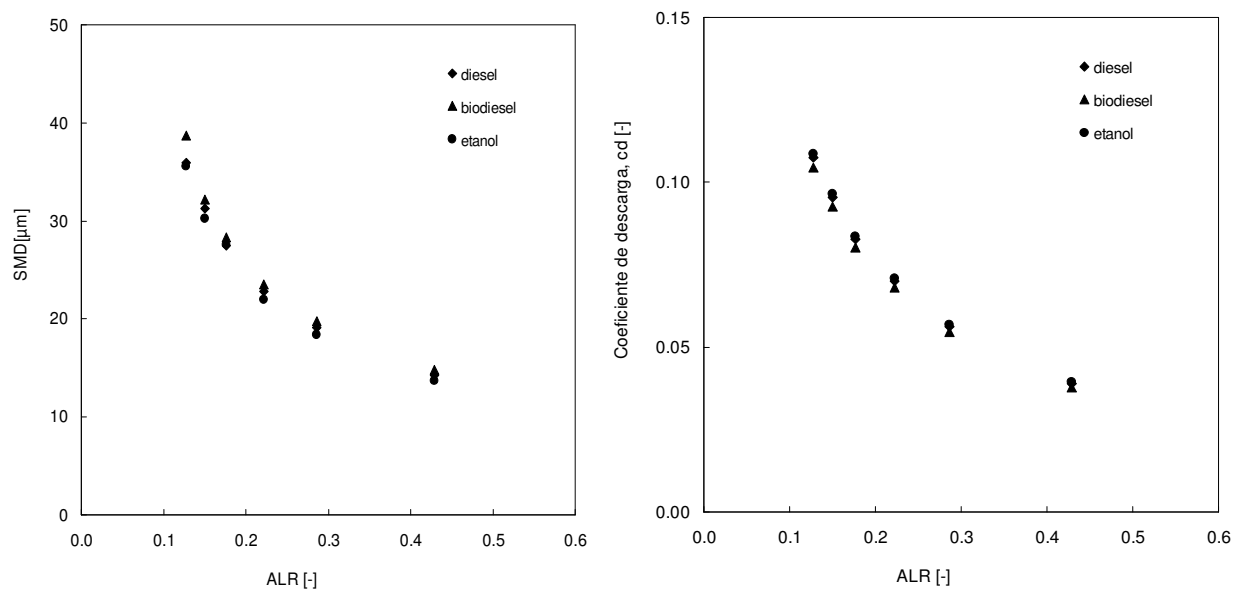


Figura 6. SMD teórico e coeficiente de descarga para os combustíveis puros.

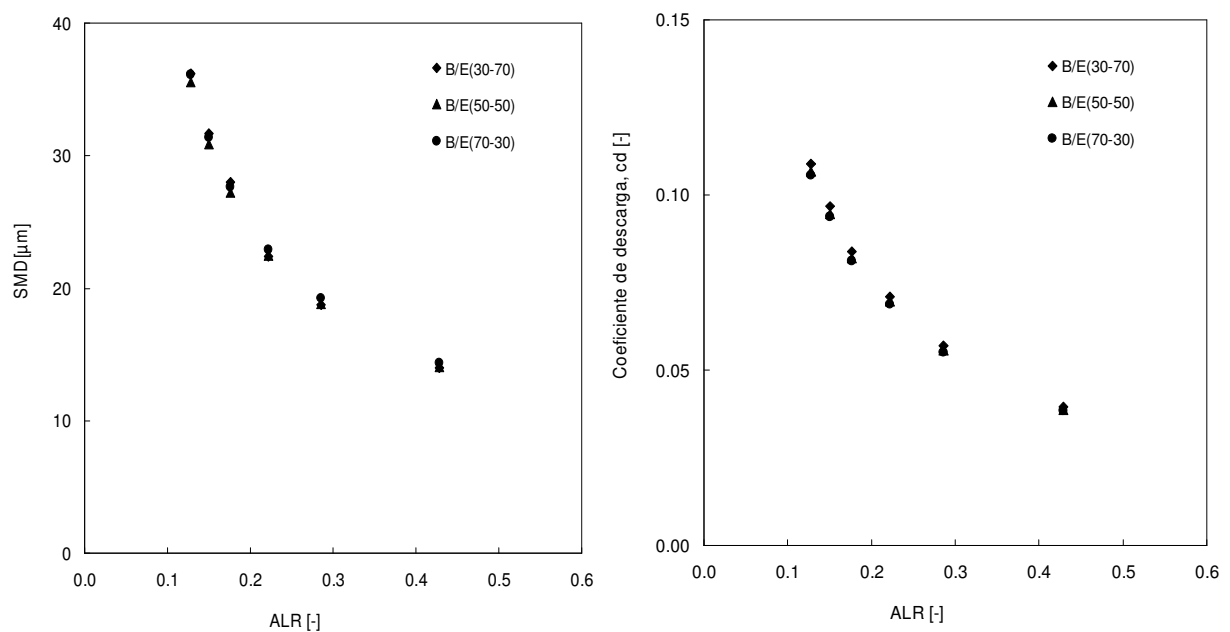


Figura 7. SMD teórico e coeficiente de descarga para a mistura B/E.

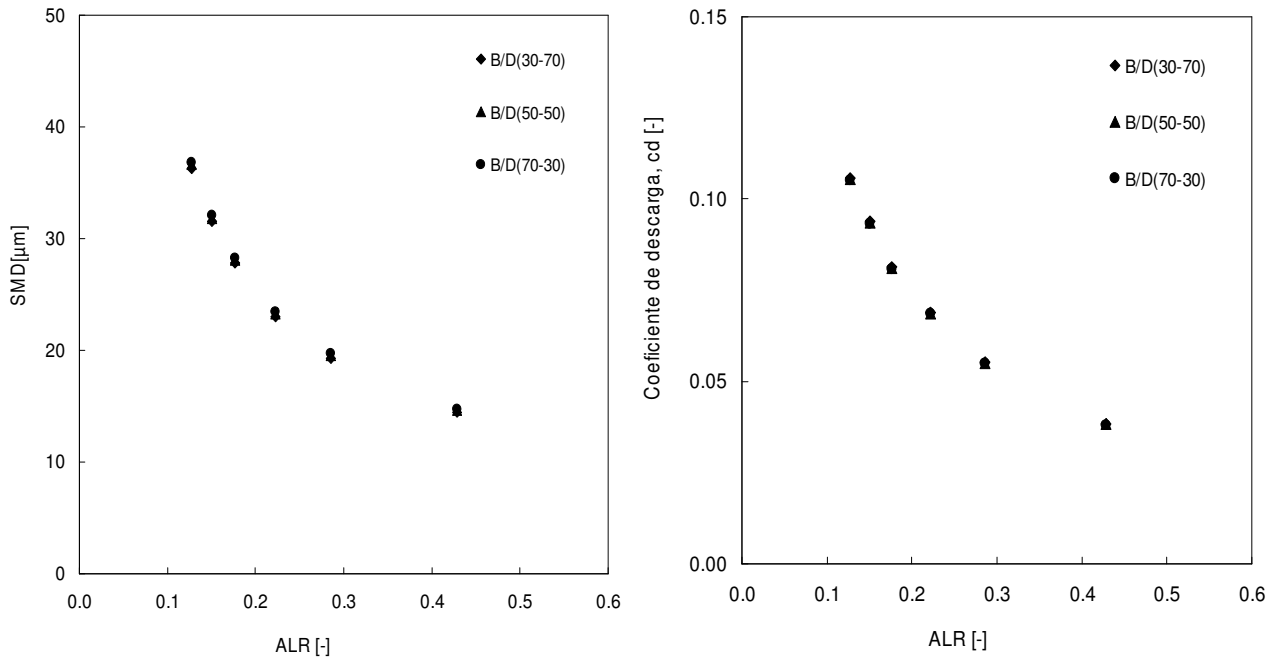


Figura 8. SMD teórico e coeficiente de descarga para a mistura B/D.

Tabela 3. Faixa de vazão de líquido, ALR e diâmetros médios teóricos.

Amostra	ALR (-)	c_d (-)	SMD (μm)
Diesel	0,13 - 0,43	0,039 - 0,107	14,25 - 35,91
Biodiesel	0,13 - 0,43	0,038 - 0,104	14,80 - 38,71
Etanol	0,13 - 0,43	0,039 - 0,109	13,68 - 35,61
B/E (30/70)	0,13 - 0,43	0,040 - 0,109	13,99 - 36,16
B/E (50/50)	0,13 - 0,43	0,039 - 0,107	14,07 - 35,54
B/E (70/30)	0,13 - 0,43	0,038 - 0,106	14,37 - 36,11
B/D (30/70)	0,13 - 0,43	0,038 - 0,106	14,45 - 36,26
B/D (50/50)	0,13 - 0,43	0,038 - 0,105	14,64 - 36,62
B/D (70/30)	0,13 - 0,43	0,038 - 0,105	14,77 - 36,86

Verifica-se que os maiores tamanhos de gotas são obtidos para as misturas que possuem as maiores densidades, viscosidades e tensões superficiais. Sabe-se que o aumento na densidade conduz a um aumento no tamanho das gotas, uma vez ocorre uma interação menor com o fluxo de ar de atomização sendo necessário uma quantidade maior de ar para se obter uma boa atomização. Do mesmo modo, o aumento da viscosidade provoca um aumento do tamanho das gotas, haja vista que aumentando-se a viscosidade ocorre um aumento no comprimento da folha de líquido não perturbada e na penetração do jato, impede-se a formação de ondas, reduz-se a turbulência, e, consequentemente, tem-se a produção de *spray* com gotas maiores. Sabe-se ainda que um aumento na tensão superficial também conduz a um aumento no tamanho das gotas, haja vista ocorre um aumento na resistência do fluido a uma força cisalhante e um aumento na tensão superficial também provoca um aumento do tamanho das gotas, haja vista que uma alta tensão superficial representa uma força de consolidação, e, durante o processo de atomização, contraria qualquer distorção da superfície do líquido de modo que ao se aumentar a tensão superficial ocorre um atraso na formação de ligamentos e gotas, resultando em tamanhos maiores de gotas.

A partir dos resultados obtidos verifica-se que para uma vazão de ar constante os coeficientes de descarga do líquido aumentam à medida que ocorre um aumento na vazão de líquido, ou seja, os coeficientes de descarga aumentam à medida que ocorre uma diminuição do ARL e diminuem à medida que ocorre um aumento na ALR.

Conforme mencionado anteriormente, o coeficiente de descarga mede a extensão em que o líquido escoar através do orifício de descarga fazendo pleno uso da área disponível para escoar (Lefebvre, 1983). Desse modo, o coeficiente de descarga do injetor depende da área de escoamento disponível para a fase líquida. A redução no coeficiente de descarga com ALR aponta para o fato de que a área disponível para o escoamento do líquido diminui com um aumento em ALR,

pois tem-se um a redução na vazão de líquido. Uma vez que as vazões mássicas de líquido utilizadas os valores obtidos para os coeficientes são baixos.

Verifica-se que não ocorre variação nos coeficientes de descarga entre as misturas analisadas, haja vista que neste caso as vazões mássicas e pressões dos líquidos foram as mesmas em todos os casos, ficando o coeficiente dependente da densidade do líquido. Os maiores coeficientes de descarga são obtidos para a mistura B/E (30/70) uma vez que ela apresenta a menor densidade e os menores coeficientes de descarga são obtidos para o biodiesel uma vez que ele apresenta a maior densidade.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho foram determinadas as principais propriedades físico-químicas que influenciam as características de um *spray*: densidade, viscosidade e tensão superficial para diferentes misturas de combustível fóssil convencional (diesel S500) e biocombustíveis (etanol hidratado e biodiesel de soja e sebo bovino), bem como diâmetro médio de Sauter (SMD) teórico e o coeficiente de descarga.

Para as misturas B/E verificou-se que ao se aumentar a porcentagem biodiesel ocorre um aumento na densidade, viscosidade e tensão superficial. Para as misturas B/D verificou-se que ao se aumentar a porcentagem de biodiesel ocorre um aumento na densidade e viscosidade, haja vista que biodiesel apresenta maior densidade e viscosidade, entretanto ao se aumentar a porcentagem de diesel ocorre um aumento na tensão superficial, haja vista que o diesel apresenta maior tensão superficial.

Para todos os combustíveis puros e todas as misturas analisadas verificou-se que para uma vazão mássica constante de ar o SMD exibe uma tendência para aumentar com o aumento da vazão mássica de líquido e diminuição da ALR, e diminuir com o aumento da ALR e para uma vazão de ar constante os coeficientes de descarga do líquido aumentam à medida que ocorre um aumento na vazão de líquido, ou seja, os coeficientes de descarga aumentam à medida que ocorre uma diminuição do ARL e diminuem à medida que ocorre um aumento na ALR.

5. REFERÊNCIAS

- Ayala, G. R. C., Estudo da atomização e caracterização de injetores utilizando óleo pirolítico de pneu usado puro e em misturas com diesel. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.
- Chen, S. K. and Lefebvre, A. H., Spray cone angles of effervescent atomizers, *Atomization Sprays*, vol. 4, pp. 291–301, 1994.
- Chin, J. S.; Lefebvre, A. H.; Design Procedure for Effervescent Atomizers, *ASME, Journal of Engineering for Gas Turbine and Power*, 1995, vol. 117, pp. 226 – 271.
- Konstantinov, D.; Marsh, R.; Bowen, P.; Crayford, A.; Effervescent Atomization for Industrial Energy-Technology Review, *Atomization and Sprays*, Vol. 20, Nº 6, pp. 525 – 552, 2010.
- Lefebvre, A. H., A novel method of atomization with potential gas turbine applications, *Defense Sci. J.*, vol. 38, pp. 353–362, 1988.
- Lefebvre, A. H., Energy considerations in twin-fluid atomization, *J. Eng. Gas Turbines Power*, vol. 114, pp. 89–96, 1992.
- Lefebvre, A.H. *Atomization and Sprays*. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989.
- Lefebvre, A. H.; Wang, X. F.; Martin, C. A.; Spray Characteristics of Aerated-Liquid Pressure Atomizers, *Journal of Propulsion and Power*, 1988, vol. 4, p. 293-298.
- Lund, M.T., Sojka, P.E., Lefebvre, A.H., Gosselin, P.G., Effervescent atomization at low mass flow rates. Part 1: the influence of surface tension, *Atomization Spray* 3, pp.77-89, 1993.
- Qian, L.; Lin, J.; Xiong, H.; A Fitting Formula for Predicting Droplet Mean Diameter for Various Liquid in effervescent Atomization Spray, *Journal of Thermal Spray Technology*, Vol. 19, nº 3, 2010, pp. 586 – 601.
- Roesler, T. C.; Lefebvre, A. H.; Studies on aerated-liquid atomization, *International Journal Turbo Jet Engines*, Vol. 6, 1989, pp. 221 – 230.
- Sovani, S. D., Chou, E., Sojka, P. E., Gore, J. P., Eckerle, W. A., and Crofts, J. D., High pressure effervescent atomization: Effect of ambient pressure on spray cone angle, *Fuel*, vol. 80, pp. 427–435, 2001a.
- Sovani, S. D.; Sojka, P. E.; Lefebvre, A. H. Effervescent atomization, *Prog. Energy Combust. Sci.*, v. 27, p. 483–521, 2001b.
- Wang, X. F.; Chin, J. S.; Lefebvre, A. H.; Influence of Gas Injector Geometry on Atomization Performance of Aerated-Liquid Nozzles, *International Journal Turbo jet Engines*, vol. 6, 1989, pp. 271 – 280.
- Withlow, J. D.; Lefebvre, A. H.; Effervescent Atomizer Operation and Spray Characteristics, *Atomization and Sprays*, vol. 3, pp. 137 – 155, 1993.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

THEORETICAL CHARACTERISTICS OF SPRAYS PRODUCED BY A EFFERVESCENT INJECTOR FOR DIFFERENT FUEL BLENDS

Otávio Mendes da Silva, otaviomendesdsilva@gmail.com¹

Bruna Monise Delfino, brunamonisedelfino@hotmail.com¹

Cláudia Gonçalves de Azevedo, claudia.azevedo@unesp.br¹

¹São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” – Experimental Campus of Rosana – Barrageiros Avenue, 1881, Primavera, SP, Brazil.

Abstract. *Growing concerns about environmental issues and the use of fossil fuels are generating interest in use of biofuels, especially ethanol and biodiesel, such as blends them with gasoline and diesel for industrial applications. Therefore, it is of great importance to investigate the use of biofuels in order to reduce costs, increase the operation efficiency and reduce pollutants emissions. In order to promote combustion with maximum efficiency, an injector must provide a fuel spray that evaporates and disperses rapidly to produce a homogeneous mixture of vaporized fuel and air. Thus, the present work aims to determine the main physico-chemical properties that influence the characteristics of a spray: density, viscosity and surface tension for different blends of conventional fossil fuel (S500 diesel) and biofuels (hydrous ethanol and soybean and bovine tallow biodiesel), such as to determine the theoretical average droplet size (Sauter mean diameter - SMD) generates in an effervescent injector for the analyzed blends using the equation of Lund et al. (1993) and to determine the theoretical discharge coefficient using the Lefebvre equation, 1988 and Wang et al., 1989.*

Keywords: *Spray, Effervescent Injector, Sauter Mean Diameter, Discharge Coefficient*