

PARTIDA A FRIO DE MOTORES MOVIDOS A ETANOL E MISTURAS ETANOL-GASOLINA - INFLUÊNCIA DA VAPORIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEL NO COLETOR DE ADMISSÃO

Marcelo V. Feitosa - feitosausp@hotmail.com

Márcio T. Ávila - mtavila@sc.usp.br

Antônio M. Santos - asantos@sc.usp.br

Leônidas Hildebrand Jr.

Escola de Engenharia de São Carlos - Laboratório de Termodinâmica e Fluídos

Av. Dr Carlos Botelho, 1465, CEP 13560-970, São Carlos, S.P., Brasil

Daniela P.C. Silva - danielas@mailcity.com

Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo

Av. Dr Carlos Botelho, 1465, CEP 13560-970, São Carlos, S.P., Brasil

***Resumo.** O etanol é visto ultimamente como um dos prováveis substitutos dos combustíveis derivados de petróleo. Suas características de combustível renovável, baixa toxicidade e de baixa produção de poluentes nocivos após sua queima são fatores que favorecem o seu uso em motores de combustão interna, porém problemas de partida a frio e de funcionamento irregular do motor durante o período de aquecimento são fatores que pesam negativamente. Nesse trabalho serão analisadas as características do etanol como combustível alternativo, proposto um método para determinar-se a quantidade de vapor de combustível produzido durante a admissão da mistura através de medições de temperaturas no fluxo de ar no coletor de admissão e determinada a influência da temperatura e do tipo de combustível utilizado (etanol ou misturas etanol-gasolina) nas características da partida a frio. Testes de sucesso ou falha da partida indicaram que razões ar-vapor de combustível inferiores a 150:1 no coletor de admissão sempre implicam em sucesso de partida.*

Palavras-chave: Partida a frio, Etanol, Motores de combustão interna, Misturas etanol-gasolina, Separação de fases.

1. INTRODUÇÃO

Estando-se quase no final do milênio, o mundo ainda não encontrou um substituto definitivo aos combustíveis derivados de petróleo. Estes, por não serem renováveis, possuem reservas limitadas e, além disso, uma grande capacidade poluidora, tanto antes como após a sua oxidação.

Várias pesquisas ultimamente são voltadas para a área de combustíveis alternativos e o Brasil destaca-se nessa área pelo desenvolvimento de motores movidos a etanol. Esse

combustível possui uma série de características que o colocam como um dos melhores substitutos daqueles derivados do petróleo. Entre as principais características, pode-se citar:

- O etanol pode ser obtido a partir de uma variedade de culturas agrícolas (cana de açúcar, beterraba, milho, sorgo, batata, uvas, etc.);
- Sua produção é uma importante opção para a geração de empregos nas áreas rurais;
- O ciclo de cultivo da biomassa possibilita a fixação do dióxido de carbono da atmosfera através da fotossíntese, representando um benefício real em termos de efeito estufa (CORSINI, 1990);
- O etanol é um combustível líquido, de manuseio simples e seguro;
- O etanol pode ser usado puro ou em misturas com gasolina, diesel ou metanol;
- A alta octanagem do etanol possibilita a utilização de maiores taxas de compressão, implicando-se em maior rendimento termodinâmico. Além disso pode ser utilizado como aditivo anti-detonante da gasolina.
- O alto calor latente de vaporização do etanol aumenta o rendimento global do motor pois diminui a sua rejeição de calor e, além disso, diminui a emissão de poluentes nitrogenados (NO_x);
- A menor complexidade molecular permite uma combustão com menos formação de carbono e, conseqüentemente, com chama menos radiante, o que permite maior aproveitamento de energia pelo motor.
- O etanol não dissolve o filme de óleo das paredes do cilindro, contribuindo assim para um menor desgaste das partes metálicas.

Essas características colocam o etanol como o mais promissor substituto da gasolina visto que os motores movidos a hidrogênio e os movidos a eletricidade ainda não são competitivos devidos aos custos envolvidos na produção do combustível em larga escala, no caso dos movidos a hidrogênio e devido ao tempo de recarga das baterias ser alto e a autonomia baixa, no caso dos elétricos. Além disso, os motores elétricos só podem ser considerados não poluentes caso sejam movidos por energia produzida por usina “limpa”, que não utilizam a queima de combustíveis para produzir energia elétrica.

Apesar das qualidades descritas, sob baixas temperaturas ambiente, problemas de partida a frio e de funcionamento inadequado do motor durante o período de aquecimento são comuns para aqueles movidos apenas a etanol. Tal como verificado experimentalmente, há dificuldades em partir-se o motor sob temperaturas inferiores a 16°C e até impossibilidade de partida para temperaturas da ordem de 13°C . Isso acontece porque esse combustível é uma substância pura e, além disso, possui uma temperatura de ebulição relativamente alta (78°C para 101kPa) e um alto calor latente de vaporização, cerca de 2,5 vezes maior que o da gasolina. Isso significa que para uma mesma massa de combustível, o etanol necessita de 2,5 vezes mais calor que a gasolina para mudar de fase completamente; como durante uma partida a frio existe um equilíbrio térmico entre o ar, o combustível e as partes do motor, não há energia suficiente para vaporizar, no tempo disponível, o combustível no coletor de admissão (para motores com carburador ou injeção indireta e sob baixas temperaturas ambiente), logo pouco vaporiza-se antes de ser admitido pelo cilindro, dificultando a formação de uma mistura adequada de ar e vapor de combustível no interior do cilindro para a ignição da mistura.

1.1. A partida a frio de motores de combustão interna

A partida a frio é definida como a primeira partida do motor após um longo período de repouso deste (mais de 6 horas), pois encontra-se nesse estágio, um equilíbrio térmico entre as partes metálicas do motor, óleo lubrificante, combustível e ambiente. A partida e o funcionamento adequados dos motores estão diretamente relacionados com a ignição da

mistura ar-vapor de combustível; essa, por sua vez, acontece apenas se houver uma quantidade adequada de vapor de combustível nas proximidades da vela de ignição no instante da liberação da centelha.

Vapor de combustível é produzido no coletor de entrada durante a admissão dos gases, durante o estágio de compressão da mistura e durante sua queima. Baixas temperaturas ambiente, tipo de combustível, umidade ambiente, etc., são fatores que influenciam o processo de vaporização do combustível. No caso do etanol, a vaporização é prejudicada pelo alto calor latente de vaporização do combustível. Ao contrário, a gasolina além de possuir um calor latente médio de vaporização inferior, ainda é formada por diversos componentes de diferentes volatilidades, fatores estes que diminuem os problemas de partida para este tipo de combustível e que explicam a utilização de reservatório auxiliar de combustível para partida em motores movidos a etanol.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para a partida do motor, a quantidade vaporizada durante a compressão da mistura juntamente com a quantidade vaporizada no coletor durante a admissão do ar e do combustível, deve ser suficiente para produzir uma mistura ar-vapor de combustível adequada para queima. A vaporização no coletor de admissão deveria complementar a quantidade que será vaporizada posteriormente durante a compressão, porém para baixas temperaturas, a vaporização do combustível é afetada negativamente, principalmente no coletor de admissão, devido a menor disponibilidade de energia.

Sendo assim, sabendo-se da grande dependência entre a mudança de fase do combustível e a temperatura ambiente e, a partir dos estudos realizados por FEITOSA et al. (1998a) e FEITOSA et al. (1998b) com relação a vaporização de combustível no coletor de admissão e no interior do cilindro, foi determinada a fração vaporizada de combustível no coletor de admissão, Eq. (9), conhecendo-se a diferença de temperatura dos gases no coletor de admissão após o carburador e para duas situações distintas:

- Partida com carburador seco - cilindro admitindo apenas ar;
- Partida com carburador molhado - cilindro admitindo ar e combustível, com ausência de ignição a fim de evitar-se uma mudança da razão AC de fornecimento devido ao rápido aumento da rotação do motor no caso de início do processo de combustão da mistura.

Considerando-se que no curto intervalo de tempo analisado o coletor de admissão não troca calor com o ambiente e também não recebe ou fornece trabalho, a mistura ar-combustível adicionado ao coletor de admissão sofrerá um processo de saturação adiabática. Contudo, como o coletor de admissão não é extenso o suficiente, não há vaporização completa do combustível líquido, tal como representado na Fig. 1.

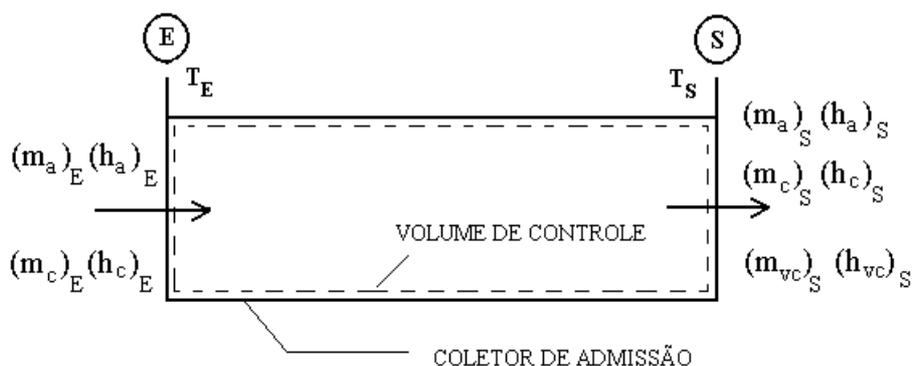


Figura 1 - Sistema formado por ar e combustível no coletor de admissão

Na Fig. 1, na qual está apresentada uma condição de partida com carburador molhado, a sigla “E” representa a região em que o carburador fornece combustível ao coletor de admissão e “S” a entrada do cilindro. Utilizando-se a equação de conservação de massa:

$$(m_a)_E = (m_a)_S = m_a \quad (1)$$

$$m_c = m_{vc} + (m_c)_E = X \cdot m_c + (1 - X) \cdot m_c \quad (2)$$

X é a fração de combustível vaporizado que, por definição, é a razão entre a massa de vapor de combustível produzida e a massa de combustível líquido admitido:

$$X = \frac{m_{vc}}{m_c} \quad (3)$$

Logo, analisando-se um sistema formado por ar e combustível líquido no interior do coletor de admissão (Fig. 1) e aplicando-se a equação de conservação de energia, pode-se escrever:

$$\dot{Q} - \dot{W} + \iint_{EN} h \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot \partial A - \iint_{EX} h \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot \partial A = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V u \cdot \rho \cdot \partial V \quad (4)$$

Pode-se considerar que não há trocas de calor através do coletor de admissão durante a partida a frio quando analisa-se um período bastante curto. Considera-se que durante o período não haja variação da energia interna do sistema pois as medições são realizadas alguns segundos após o início de movimentação do motor de arranque, o que garante um fluxo permanente de ar e combustível através do coletor.

$$\dot{Q} = 0 \quad ; \quad \dot{W} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial U}{\partial t} = 0 \quad (5)$$

Então

$$m_E \cdot h_E = m_S \cdot h_S \quad (6)$$

Sabendo-se que

$$h_{lv} = h_v - h_l = h_{vc} - h_c \quad (7)$$

Obtemos :

$$X = \frac{AC \cdot c_a \cdot (T_E - T_S) + c_c \cdot (T_E - T_S)}{h_{lv}} \quad (8)$$

Substituindo-se $T_E - T_S$ por ΔT e considerando-se que h_{lv} é constante na faixa de temperaturas estudadas (0° a 30°C - entre estes valores, h_{lv} varia entre 943 and 912kJ/kg - para calculo de X foi utilizado o valor médio de h_{lv} pois isto não implicava em grandes erros - aproximadamente 1,6%) e igual a L :

$$X = \frac{\Delta T \cdot (AC \cdot c_a + c_c)}{L} \quad (9)$$

3. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se um motor Volkswagen originalmente Diesel, porém modificado para ciclo Otto por HILDEBRAND Jr. (1998), que comparou o desempenho deste motor utilizando-se injeção direta de etanol pré aquecido, injeção direta de etanol a temperatura ambiente e carburação. Este motor possui taxa de compressão de 13,8:1, comprimento da biela de 135 mm, curso de 86,4 mm e diâmetro do cilindro de 77mm. Para os ensaios, utilizou-se apenas o carburador (marca WECARBRAS, de corpo duplo e fluxo descendente) o qual fornecia uma razão ar-combustível de 2 a 3,8:1 para uma condição de afogador fechado e borboleta de aceleração em condição de marcha lenta, Tabela 1.

Instalou-se termopares na entrada do carburador e nas proximidades da válvula de admissão e as medições foram realizadas para o motor com o sistema de ignição desligado a fim de assegurar-se a não ocorrência de combustão da mistura no cilindro. Para essa condição, a rotação do motor era aproximadamente 300rpm, fornecida apenas pelo motor de arranque. Variações na rotação do motor eram observadas após um funcionamento prolongado do motor de arranque. No caso dos testes de sucesso ou falha da partida, ligou-se o sistema de ignição e mediu-se o tempo necessário para o motor partir e atingir uma marcha lenta auto-sustentável.

Foram medidos a vazão de ar no coletor de admissão e a vazão de combustível fornecida pelo carburador. No caso do ar, um bocal calibrado foi utilizado em reservatório ligado ao carburador através de um tubo. Este reservatório tinha a função de amortecer os pulsos provocados pela admissão dos cilindros e manter o fluxo de ar estável no bocal, evitando-se oscilações nas leituras. Todo o ar que entrava no carburador passava por este sistema e, através da medição da diferença de pressão entre o ambiente e o bocal calibrado, determinava-se a vazão de ar para o carburador. No caso do combustível, foi utilizado um tubo graduado de aproximadamente 1,5m de altura e diâmetro igual a 0,01m. A variação da altura da coluna de combustível medida em cada teste durante 20s, obtendo-se então a vazão de combustível para o interior do cilindro. Utilizando estes valores, a respectiva razão AC foi calculada para cada situação testada, tal como apresentado na Tabela 1.

Os testes foram realizados a temperaturas variando desde 9 até 23°C e pressão ambiente de 96kPa e, utilizou-se etanol hidratado (E100) e três misturas etanol-gasolina (E61, E50, E22 -Tab. 1 e 2). As diferentes temperaturas eram obtidas através do resfriamento do bloco do motor por circulação de água resfriada por gelo. O combustível e ar eram então resfriados com a água do reservatório de arrefecimento do motor conjuntamente com um radiador para o ar e uma serpentina para o combustível. Uma bomba d'água assegurava a troca de calor entre o líquido de arrefecimento, o ar e o combustível. Após cada seção de testes, uma segunda bomba d'água, em série com a bomba d'água do motor, era ligada a fim de reduzir a temperatura do bloco para faixa desejada. Termopares instalados em várias partes do motor foram utilizados para controle da temperatura de teste.

Para as condições descritas acima, mediu-se a temperatura do ar no coletor de admissão para o carburador seco (apenas ar passando pelo coletor) e carburador molhado (ar e combustível passando pelo coletor). A diferença entre os valores medidos representa o termo ΔT_{ar} , fundamental para o cálculo da quantidade de combustível vaporizado, Eq. (9).

Cada combinação de tipo de combustível, temperatura de teste e posição do afogador foi medida 3 vezes durante aproximadamente 30s e os valores de ΔT_{ar} após a estabilização da temperatura no coletor de admissão (após aproximadamente 5s do início do teste) foram

tomados. O valor médio de ΔT_{ar} durante os 3 testes foram utilizados. A medição da vazão de ar e combustível também seguiu o mesmo processo

4. O COMPORTAMENTO DAS MISTURAS ETANOL-GASOLINA

As misturas entre etanol e gasolina não são totalmente miscíveis como geralmente se pensa; as características hidrofílicas dos alcoóis podem provocar separação de fases a qual é dependente do teor de água no álcool da mistura, da composição da gasolina e da temperatura ambiente. A existência de água na mistura etanol-gasolina provoca ligações diretas entre os átomos de hidrogênio da água e de oxigênio do etanol, podendo provocar separação de fases dependendo da temperatura e teor de água. Neste caso, duas fases serão distintas: a superior, formada principalmente por gasolina e a inferior por água, etanol, e componentes aromáticos da gasolina solubilizados no álcool.

Para as temperaturas testadas (9, 13, 16 e 23°C) não houve separação de fases para as diferentes porcentagens etanol-gasolina, porém verificou-se separação de fases para misturas E60 em temperaturas da ordem de 5°C após 30 horas de repouso da mistura.

5. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as diferenças de temperatura entre o ar antes do carburador e depois do carburador e a razão de fornecimento de combustível do mesmo enquanto que a Tabela 2 apresenta valores dos respectivos calores latentes de vaporização (L), calores específicos (c) e temperaturas de saturação (T_{sat}), que foram determinadas a partir do conhecimento da porcentagem de etanol e gasolina na mistura. Os valores de L , c e T_{sat} foram determinados a partir dos seus valores médios entre 0° e 30°C..

Tabela 1 - Diferença de temperatura observada no coletor de admissão e razão ar-combustível, AC, fornecida pelo carburador.

T	E100 (100% etanol)		E61 (61% etanol + 39% gasolina)		E50 (50% etanol + 50% gasolina)		E22 (22% etanol + 78% gasolina)	
	$\Delta T(^{\circ}C)$	AC	$\Delta T(^{\circ}C)$	AC	$\Delta T(^{\circ}C)$	AC	$\Delta T(^{\circ}C)$	AC
9°C	2,5	3,4	4,5	2,6	5,8	3,7	5,5	3,8
13°C	3	2,5	6,0	2,6	6,5	2,5	6,0	3,3
16°C	6	2	5	3,4	7,5	2,6	6,8	3,0
23°C	8	2,5	9	2,0	8	2,9	7,2	3,0

Na Tabela 2, a existência de duas temperaturas de saturação do combustível, para afogador aberto e para afogador fechado, é explicada pela diminuição da pressão no coletor de admissão provocada pelo uso do afogador, o que implica em queda da temperatura de saturação do combustível.

O calor latente de vaporização da gasolina foi adotado a partir das características dos seus componentes mais leves pois, durante uma partida a frio, a temperatura no coletor de admissão sempre será baixa, igual ou inferior à ambiente, logo apenas os componentes mais leves mudarão de fase. Estes geralmente constituem 19% de toda a gasolina, tal como verificado por SHAYLER et al. (1992). Além disso, seus estudos, que consistiam de análises de amostras de gases do interior do cilindro durante admissão e compressão e que foram realizadas para temperaturas ambientes de 16°C, indicaram que 46% de toda a amostra era formada por componentes leves (n-pentano e mais leves), isso no início do estágio de compressão, durante uma partida a frio.

Tabela 2: Características dos combustíveis experimentados.

COMBUSTÍVEL	E100 Etanol Puro	E61 61% etanol 39% gasolina	E50 50% etanol 50% gasolina	E24 24% etanol 76% gasol. (Gasolina Brasileira)	Gasolina Pura (componentes mais leves)
L [kJ/kg]	928	683	614	438	300
T_{sat} (médio) [° C]	78(AA) 69 (AF)	67 (AA) 52 (AF)	64 (AA) 47 (AF)	41 (AA) 35 (AF)	30 (AA) 25 (AF)
c [kJ/kg °C]	2,64	2,53	2,5	2,41	2,35
AC Estequiom. Aproximada	9:1	11,4	12,1	13,6	15,1:1

AA - afogador aberto, AF - afogador fechado

Sendo assim, torna-se coerente a análise da fração de combustível vaporizado no interior do coletor de admissão considerando-se apenas os componentes mais leves da gasolina. Na realidade a gasolina possui um calor latente de vaporização médio de aproximadamente 400kJ/kg, e uma temperatura de saturação que varia desde 30 até 210°C.

Os resultados dos cálculos da fração de vapor de combustível produzido no coletor de admissão, bem como da razão ar-vapor de combustível, a partir da utilização da Equação (9) e dos valores fornecidos nas Tabelas 1 e 2, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores calculados da fração de combustível vaporizado e da razão ar-vapor de combustível.

T	E100 (100% etanol)		E61 (61% etanol + 39% gasolina)		E50 (50% etanol + 50% gasolina)		E22 (22% etanol + 78% gasolina)	
	X	AVC	X	AVC	X	AVC	X	AVC
9	1,6 %	209	3,4 %	78	5,8 %	63	7,8 %	49
13	1,7 %	150	4,5%	58	5,3%	47	7,8%	42
16	3,0 %	67	4,3 %	78	6,2 %	42	8,4 %	36
23	4,4 %	56	6,0 %	34	7,0 %	41	8,9 %	34

A análise da Tabela 3 indica que a mistura de gasolina ao álcool aumenta a taxa de vaporização da mistura, o que justifica a sua adição durante a partida a frio em motores a etanol. Esse aumento da taxa de vaporização ocorre devido a presença de componentes mais voláteis que o etanol. Nota-se também, pela análise das Tabelas 3 e 4 que para temperaturas de 16°C, o etanol possui dificuldades em partir, sendo que em temperaturas inferiores, esse processo torna-se impossível.

Além dos testes que visavam a determinação da quantidade de vapor de combustível produzido no coletor de admissão, ainda foram realizados testes de sucesso ou falha da partida, Tabela 4. Para estes, foi definido como sucesso um tempo inferior a 20s de funcionamento do motor de arranque para partir-se o motor e obter-se uma marcha lenta auto-sustentável, porém valores de tempo de até 60s são exibidos. As siglas **S** e **F** representam, respectivamente, sucesso e falha da partida.

Tabela 4 - Testes de sucesso ou falha da partida para diferentes temperaturas e diferentes misturas etanol-gasolina.

T	E100 (100% etanol)	E61 (61% etanol + 39% gasolina)	E50 (50% etanol + 50% gasolina)	E22 (22% etanol + 78% gasolina)
9°C	F	S 14s	S < 1s	S < 1s
13°C	F 60s	S 5s	S < 1s	S < 1s
16°C	S 17s	S < 1s	S < 1s	S < 1s
23°C	S < 1s	S < 1s	S < 1s	S < 1s

Quanto à razão AVC mínima para partida (produzida no coletor) conclui-se que deve ser sempre inferior a 150:1 para ocorrer sucesso de partida. Como a mínima razão AVC nos arredores da vela de ignição, no momento da liberação da centelha, deve ser cerca do dobro da razão ar-combustível estequiométrica (18:1 para o álcool e 30:1 para a gasolina pura), conclui-se que, pela análise da Tabela 3, a fração vaporizada no coletor de admissão é de vital importância para o sucesso da partida.

6. CONCLUSÕES

O etanol possui excelentes características como combustível para motores de combustão interna, porém seu alto calor latente de vaporização dificulta, durante uma partida a frio, a formação de uma mistura adequada de ar e vapor de combustível para sua ignição e combustão satisfatória. Esse problema é mais agravado para ambientes com temperaturas inferiores a 11°C (Santos, 1985).

A adição de gasolina ao etanol possui a vantagem de aumentar a quantidade de componentes da mistura que são voláteis a baixas temperaturas, facilitando a produção de vapores de combustível e facilitando enormemente a ignição da mistura. A utilização de E61 aumenta em cerca de 25% a taxa de vaporização com relação ao etanol puro, enquanto que o uso de E50 e E22 aumentam, respectivamente, em 100% e 120% a taxa de vaporização global, tal como verificado pelos resultados obtidos (Tabela 2).

A utilização de etanol com pequenas quantidades de gasolina é uma das soluções para o problema de baixa formação de vapores no coletor de admissão de motores movidos a etanol, durante a partida a frio. O uso de uma mistura E61 juntaria as qualidades de um combustível oxigenado de alta qualidade, alta octanagem e baixa produção de emissões (etanol) com um combustível de maior volatilidade (gasolina) e em menor volume, porém problemas de separação de fases podem ocorrer para temperaturas ambientes mais baixas, acarretando prejuízos ao funcionamento do motor e ou provocando danos permanentes. Por esses motivos, um estudo mais detalhado do processo da formação da mistura ternária etanol-gasolina-água vem sendo realizado por SILVA (2000).

Conclui-se ainda que a mínima razão AVC no coletor de admissão deve ser sempre inferior a 150:1 para ocorrer sucesso de partida.

NOMENCLATURA

A - área	Q - calor	$\dot{W} = W / t$
$AC = m_a / m_c$	t - tempo	v - vapor
$AVC = m_a / m_{vc}$	T - temperatura	<u>subscritos</u>
c - calor específico	u - energia interna específica	a - ar
E - entrada	U - energia interna	c - combustível
S - saída	V - volume	vc - vapor de combustível
h - entalpia	V_n - velocidade	ic - inicial (combustível)
L - calor latente vapor	W - trabalho	l - líquido
m - massa.	$\dot{q} = \dot{Q} / m$	lv - líquido - vapor
P - pressão	ρ - densidade	sat - saturação
$\dot{Q} = Q / t$	X-fração vapor de combust.	

REFERÊNCIAS

- Chin, S.J.; Durrett, R.; Lefebvre, A.H. (1984). "The Interdependence of Spray Characteristics and Evaporation History of Fuel Sprays", *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* - Transactions of ASME, v.108, p. 639-644, Jul.
- Corsini, R. (1990). A era do álcool e o efeito estufa. *Centro de pesquisa de São Carlos - Fundação Theodoro Souto*.
- Feitosa, M.V.;; Hildebrand Jr., L.(1998a) "Determinação da fração de combustível vaporizado em motores de combustão interna". *VII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas*, Vol. 2, pp. 748-751, nov., Rio de Janeiro, Brasil.
- Feitosa, M.V.; Hildebrand Jr., L.; Santos, A.M.; Pau, F. S. (1998b) ."Análisis de la vaporización del etanol y mezclas de etanol y gasolina en el colector de admisión en motores de combustión interna durante el arranque en frío" *VI Conferencia de Termoenergética Industrial*, cd rom, nov., Cuba.
- Hildebrand Jr., L. (1998). "Análise do desempenho de um motor do ciclo Otto com injeção direta de álcool etílico pré-aquecido". São Carlos, Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, Brasil.
- Santos, A.M.. (1985). "Partida a frio de motores a álcool etílico com auxílio do afogador", *Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, 8. São José dos Campos, 1985. Anais. São José dos Campos : ABCM.
- Shayler, P.J.; Ma ,T.H. (1992). The variation of in-cylinder mixture ratios during engine cranking at low ambient temperatures. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, v.206, n.D1.
- Silva, D.P.C. (2000) - *Comunicação pessoal*, Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo, Brasil

COLD START OF ETHANOL AND ETHANOL-GASOLINE BLENDS FUELED ENGINES - INFLUENCE OF THE FUEL VAPORIZATION INSIDE THE INTAKE MANIFOLD

***Abstract.** Nowadays, ethanol is seen as one of the of the probable substitutes of the petroleum derived fuels. Its characteristics of renewable combustible, with low production of emissions and low toxic characteristic are factors that favor the use of the etanol in internal combustion engines, but cold start problems and poor engine operation during the heating period are negative factors. In this work the characteristics of the etanol as alternative fuel is analyzed. Still, t is proposed a method to determine the amount of fuel vapour produced during the intake process using values of temperature of the air inside the manifold. It is determined the influence of temperature and type of fuel used (ethanol or ethanol-gasoline blends) on cold start characteristics. Tests of success show us that air-fuel vapor ratios less than 150:1 always means success of the cold start.*

Key-words: Cold start, Ethanol, Internal combustion engines, Ethanol-gasoline blends, Phases separation.