

**INFLUÊNCIA DA VOLATILIDADE DA GASOLINA NAS PERFORMANCES
DINÂMICAS DE MOTORES CICLO OTTO EQUIPADOS COM INJEÇÃO
ELETRÔNICA SEQUENCIAL DE COMBUSTÍVEL**

Evertton Carriconde e Pedro Mello
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Apoio: REFAP-PETROBRAS
90050-170 - Porto Alegre - RS - Brasil

RESUMO

Este trabalho mostra a influência que a volatilidade da gasolina, nos pontos de destilação T10% , T50% e T90%, exerce sobre as performances dinâmicas de motores ciclo Otto equipados com injeção eletrônica sequencial de combustível, através da utilização de procedimentos padrões de teste em um dinamômetro de rolos. Poda cada um dos pontos de destilação foram estabelecidos três faixas de valores, ocasionando a formação de 27 diferentes misturas de gasolina. Foram verificados os efeitos da variação individual de cada um desses pontos em consumo, potência e aceleração.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos verificou-se um grande avanço na tecnologia de motores do ciclo Otto e dos sistemas de injeção de combustível. No que se refere ao combustível, verifica-se um amplo estudo de combustíveis alternativos em busca de menores índices de poluição deixando o estudo das propriedades da gasolina praticamente em segundo plano, seja por motivos ecológicos ou por questões políticas.

O presente artigo apresenta um estudo da influência da volatilidade da gasolina nas performances dinâmicas (aceleração, consumo e potência) de motores ciclo Otto, variando-se a temperatura de evaporação dos pontos T10% , T50% e T90% da destilação ASTM D86, através da mistura de diferentes hidrocarbonetos. A Destilação ASTM D86 é um método padrão na qual evapora-se um volume de 100ml de uma amostra à uma taxa constante de aquecimento. A medida que a amostra começa a evaporar, obtêm-se o valor da temperatura para cada percentual de evaporação da amostra. Veja um exemplo da destilação ASTM D86 na fig. 1.

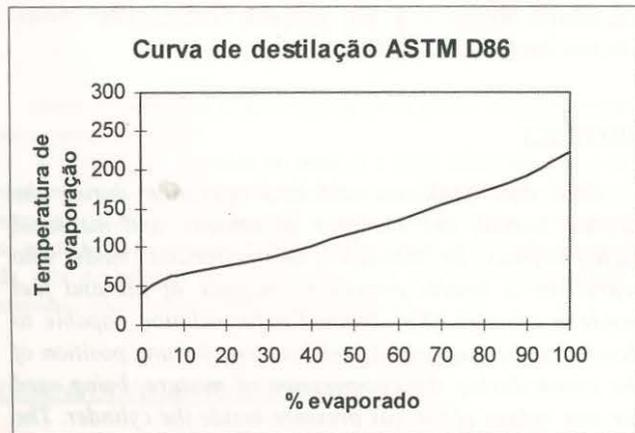


Figura 1 - Curva de destilação ASTM D86.

As misturas foram realizadas sempre com o cuidado de manter as outras propriedades (que interferem nas performances dinâmicas do motor) dentro de uma faixa padrão de valores. Por exemplo, o teor de aromáticos, olefinas e saturados de cada uma das misturas foi enquadrado dentro das seguintes faixas:

- Aromáticos: (27 a 33)% ;
- Olefinas: (0 a 2)% ;
- Saturados: (65 a 67)% ;

As misturas não foram realizadas mantendo a octanagem dentro de uma faixa determinada de valores. Para anular o efeito da octanagem realizou-se o mapeamento da curva de ignição da injeção eletrônica baseando-se na mistura que possuía pior octanagem, no caso, a mistura número 12.

Como tinha-se o objetivo de testar a influência isolada dos três pontos da destilação ASTM D86. Sendo 3 níveis de variação para cada ponto, chegou-se ao número de 27 misturas diferentes.

Foram utilizados 7 produtos bases para a montagem das 27 misturas. Para atuar no ponto T10% utilizou-se Pentano e Hexano, para atuar no ponto T50% utilizou-se Alcoiloado, Tolueno e Xileno, para atuar no ponto T90% utilizou-se C9 aromático e Q.A.V. (Querosene de Aviação).

EXPERIMENTOS

Todos os experimentos foram realizados no laboratório de motores de Refinaria Alberto Pasqualini - PETROBRÁS em Canoas-RS. Para a execução dos experimentos foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Dinamômetro de rolos BOSCH, modelo FLA 202;
- Automóvel FIAT Pálio 1.0 mpi;
- Injeção eletrônica sequencial TEC II -ELECTROMOTIVE;
- Microcomputador NoteStar, modelo NP-903,
- Restrição para sistema de admissão de ar;
- Tanque auxiliar de combustível;
- Termômetro analógico SUNDO;

- Higrômetro analógico SUNDO;
- Barômetro analógico SUNDO;
- Ventilador COMETA 1.1/2 c.v.;
- Balança digital MARTE, modelo 40Kg;

realização das devidas correções dentro da norma NBR ISO 1585.

RESULTADOS OBTIDOS

Após a realização dos testes e o devido tratamento estatístico, obteve-se os seguintes resultados:

- Potência e Consumo:

A medição da potência do motor e o consumo de combustível foram realizadas em 7 rotações diferentes com a borboleta totalmente aberta e em 4ª marcha, com o objetivo de comparar efeito de cada um dos pontos da destilação (T10%, T50% e T90%) em toda a faixa de utilização do motor.

Para cada rotação do motor, realizaram-se 3 repetições. Os valores de potência (veja tab.2) e de consumo (veja tab.3) são os valores médios corrigidos pela norma NBR ISO 1585.

Antes da realização do teste de potência e consumo de cada mistura, realizou-se um aquecimento prévio com a própria mistura à ser testada por um período de 4 minutos com a borboleta totalmente aberta e o motor operando em 4000rpm. Este procedimento tinha a finalidade de descontaminar a linha de alimentação da injeção da mistura que foi testada anteriormente.

Tabela 1 - Relação das misturas e respectivos pontos T10%, T50% e T90%

Mist. N.º	T10% (°C)	T50% (°C)	T90% (°C)	Dens. 20/4gc	MON	RON
1	55.4	83.7	145.2	0.7361	79.7	85.9
2	55.2	88.7	167.7	0.7428	78.6	84.8
3	53.7	86.6	180.8	0.7469	73.4	79.6
4	52.4	102.8	149.2	0.7326	82.2	88.1
5	56.0	102.7	171.2	0.7469	85.1	92.1
6	50.6	102.5	184.4	0.7431	75.0	81.2
7	54.1	114.2	150.9	0.7386	85.3	91.4
8	53.9	116.3	166.7	0.7380	82.9	88.9
9	50.3	120.2	185.0	0.7474	74.5	80.3
10	67.2	86.2	151.4	0.7494	77.3	83.5
11	67.6	87.5	171.2	0.7545	74.7	80.8
12	67.8	86.1	184.1	0.7578	67.9	73.4
13	68.0	107.8	148.5	0.7362	83.3	89.3
14	67.6	106.0	164.7	0.7417	78.5	84.3
15	62.0	102.7	184.9	0.7548	70.7	76.5
16	68.5	120	149.9	0.7475	86.6	92.8
17	66.4	122.6	171.7	0.7514	82.2	88.2
18	64.3	123.0	184.6	0.7596	73.5	79.7
19	77.5	89.1	150.8	0.7619	75.8	82.0
20	76.6	89.1	165.5	0.7628	75.5	81.7
21	76.9	90.2	181.4	0.7742	70.0	76.2
22	79.8	106.5	148.1	0.7492	82.8	88.9
23	78.9	106.2	167.3	0.7517	79.4	85.6
24	78.7	105.9	183.6	0.7539	77.1	83.5
25	76.5	119.0	150.1	0.7512	86.3	92.5
26	77.7	122.9	167.5	0.7560	82.6	88.7
27	77.5	117.2	187.6	0.7652	75.0	81.8

Antes da realização de cada teste foi necessário realizar o procedimento padrão de aquecimento do motor até a temperatura estável.

Cada um dos 7 compostos básicos de hidrocarbonetos foi enviado para o laboratório de análises químicas e físicas onde se obteve as suas respectivas curvas de destilação, densidade e cromatografia. Com o auxílio de um programa de computador (desenvolvido para este fim, em linguagem Pascal) realizou-se as misturas procurando manter próximos os percentuais de aromáticos, olefinas e saturados.

Antes de realizar o teste com as misturas, foi necessário realizar o ajuste do ponto de ignição, através do programa computacional de acesso ao módulo de comando da injeção eletrônica, utilizando a mistura número 12. Neste ajuste, para cada rotação adiantava-se o ponto de ignição até ocorrer detonação no motor. Como a mistura em questão possui octanagem muito baixa (MON: 67.9 e RON: 73.4) e o motor utilizado tem taxa de compressão 9,3:1, foi necessário a colocação de uma restrição na admissão de ar do motor para diminuir a compressão dinâmica e para que não fosse necessário atrasar muito o ponto de ignição em razão da detonação.

Para cada bateria de testes anotou-se os valores da temperatura ambiente, temperatura de admissão no coletor, umidade relativa do ar e pressão atmosférica possibilitando a

Tabela 2 - Potência (KW) do motor.

Mist. N.º	ROTAÇÃO (rpm)						
	1500	2500	3000	3500	4000	4500	5000
1	6.07	12.36	15.80	18.68	21.90	24.10	25.79
2	6.13	12.75	16.30	19.23	22.31	24.50	26.02
3	6.64	12.94	16.58	19.32	22.60	24.80	26.48
4	6.01	12.44	16.10	18.98	22.04	24.32	25.89
5	5.99	12.55	16.10	19.09	22.14	24.46	25.80
6	6.26	12.93	16.58	19.49	22.41	24.72	26.21
7	5.79	12.27	16.65	18.61	21.72	23.65	25.22
8	6.07	12.53	16.06	18.96	21.80	24.24	25.83
9	6.26	12.42	16.06	18.75	22.08	24.27	25.90
10	6.27	12.49	16.00	18.90	22.16	24.33	25.93
11	6.48	13.09	16.63	19.66	22.80	25.03	26.73
12	6.51	13.24	16.87	19.9	22.97	25.14	26.7
13	5.87	11.97	15.37	18.30	21.02	23.57	25.20
14	5.88	12.26	15.69	18.61	21.66	23.75	25.20
15	6.22	12.57	16.04	18.99	21.97	24.03	25.53
16	5.74	12.05	15.47	18.39	21.45	23.61	24.96
17	6.32	12.88	16.38	19.35	22.49	24.64	26.28
18	6.69	13.18	16.73	19.73	22.82	24.79	26.49
19	6.07	12.59	16.04	19.02	22.24	24.38	26.05
20	6.29	12.80	16.25	19.27	22.35	24.65	26.37
21	6.45	13.05	16.66	19.62	22.65	24.86	26.54
22	5.67	11.70	15.08	17.70	20.63	22.66	24.47
23	5.98	12.16	15.67	18.70	21.66	23.80	25.35
24	6.02	12.40	15.88	18.89	21.82	23.95	25.61
25	5.74	12.02	15.44	18.37	21.42	23.46	25.08
26	5.99	12.31	15.98	18.78	22.04	24.18	25.72
27	6.44	13.00	16.59	19.45	22.47	24.42	26.10

O teste de consumo foi realizado com o auxílio de uma balança digital com precisão de $\pm 1g$, onde colocou-se o tanque auxiliar para assim medir o tempo que era gasto para consumir 100g de combustível em cada rotação do motor. Tendo-se o tempo gasto para o consumo de 100g de combustível e a potência para cada rotação, calculou-se a potência específica para cada uma das rotações analisadas.

Tabela 3 – Consumo específico (g/kWh) do motor.

Mist. N.º	ROTAÇÃO (rpm)						
	1500	2500	3000	3500	4000	4500	5000
1	460.1	429.8	391.9	378.8	358.2	365.9	382.3
2	465.5	402.9	376.1	359.8	352.3	362.2	381.8
3	435.9	403.5	370.8	363.8	351.6	355.5	379.2
4	500.5	415.6	378.0	367.6	354.2	362.5	380.6
5	486.9	406.6	381.2	363.7	356.3	356.1	379.8
6	468.1	397.7	371.7	358.3	351.9	355.9	377.7
7	480.9	408.6	382.2	369.4	356.4	366.6	385.9
8	469.7	414.5	382.8	367.4	356.9	363.5	381.9
9	466.8	421.0	383.1	373.6	357.5	363.2	379.6
10	441.6	405.2	377.3	364.1	346.3	360.9	377.8
11	435.9	394.7	369.3	359.2	345.1	357.9	369.8
12	428.9	389.6	363.2	351.3	339.3	350.4	371.3
13	478.5	422.6	389.1	376.6	367.9	365.7	382.7
14	475.1	406.8	381.4	364.5	352.9	362.4	383.1
15	450.9	404.4	377.2	360.1	350.3	356.8	378.3
16	482.8	413.4	387.3	373.9	360.5	367.6	385.9
17	444.2	402.5	375.9	363.1	350.9	359.3	376.1
18	424.5	400.3	368.0	358.1	346.2	358.2	374.3
19	460.7	400.5	376.1	366.4	350.7	358.9	378.2
20	464.1	409.1	377.2	364.5	353.7	362.3	375.2
21	457.4	398.8	372.5	360.4	348.4	358.6	376.2
22	499.2	428.4	397.4	389.8	374.9	384.7	401.3
23	472.6	415.9	384.0	371.7	358.4	366.6	385.2
24	472.9	416.8	376.2	364.8	356.9	361.1	385.4
25	480.6	420.0	391.2	372.9	357.2	373.9	388.2
26	485.0	421.4	386.9	376.9	358.3	366.4	385.4
27	454.4	398.5	373.8	358.6	349.4	361.3	374.2

- Tempo de aceleração :

O tempo de aceleração, em segundos, foi medido durante a variação de velocidade de 51 a 114 Km/h em 4ª marcha e com a borboleta totalmente aberta. Em todas as medições a borboleta foi totalmente aberta na velocidade de 30 Km/h, com a finalidade do motor chegar na velocidade de 51Km/h em uma condição mais estabilizada. Para cada mistura foram realizadas 6 repetições em cada teste.

Antes da realização do teste de aceleração de cada mistura, realizou-se um aquecimento prévio com a própria mistura a ser testada por um período de 4 minutos com a borboleta totalmente aberta e o motor operando em 4000rpm. Este procedimento tinha a finalidade de descontaminar a linha de alimentação da injeção da mistura que foi testada anteriormente.

No teste de aceleração, entre cada 3 misturas testadas, testou-se uma gasolina padrão com a finalidade de corrigir todos os tempos obtidos nas diferentes condições ambientais ao de correr dos 2 dias de testes.

Tabela 4 - Tempo de aceleração de 51 a 114Km/h.

MISTURA	TEMPO (seg.)	MISTURA	TEMPO (seg.)
1	13.72	15	13.60
2	13.78	16	14.52
3	13.48	17	14.05
4	13.85	18	13.59
5	14.04	19	13.57
6	13.65	20	13.59
7	14.03	21	13.52
8	14.06	22	13.97
9	14.01	23	13.86
10	13.59	24	13.73
11	13.57	25	14.46
12	13.31	26	14.31
13	14.12	27	13.71
14	13.82		

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o ponto de destilação T90% influi em todas as performances dinâmicas do motor. Quanto mais alto for a temperatura, maior será a potência e menor será o consumo específico em todas as rotações. O ponto de destilação T90% alto, diminui o tempo de aceleração. Verificou-se, também que a influência na potência diminuiu gradativamente com o aumento da rotação. Veja comparação entre as misturas 1, 2 e 3 no teste de potência na fig. 2.

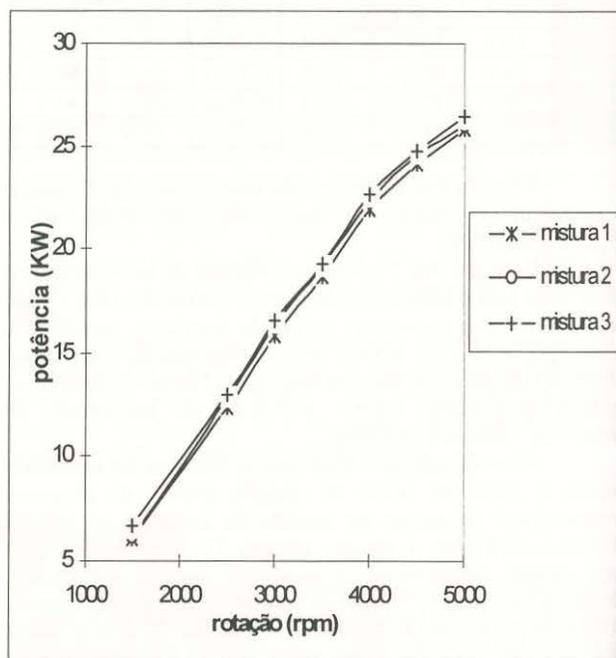


Figura 2 - Comparação de potência entre as misturas 1, 2 e 3.

O ponto T50% apresentou influencia significativa. Quanto mais baixo for o T50%, maior é a potência e menor é o consumo específico, diminuindo o tempo de aceleração. Veja

comparação entre as misturas 11, 14 e 17 na fig. 3.

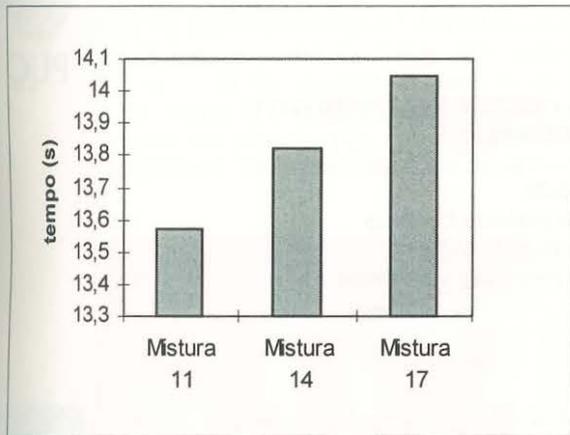


Figura 3 - Comparação de tempo de aceleração de 51 a 112Km/h entre as misturas 11,14 e 17.

Já o ponto T10% não apresentou influência isoladamente em nenhuma das performances dinâmicas, mas apresentou influência quando correlacionado com o ponto T90%. Sendo o ponto T90% baixo, quanto menor for o ponto T10%, menor será o tempo de aceleração.

Sugere-se assim, que sejam reavaliadas as especificações da gasolina brasileira no que se refere a destilação (ASTM D86), baixando-se o limite de temperatura máxima do ponto T50% que é de 140°C.

REFERÊNCIAS

1. Owen, K. and Coley, T., 1990, "Automotive Fuels Reference Book", Second Edition, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, USA.
2. Heywood, John B., 1988, "Internal Combustion Engine Fundamentals", First Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
3. Guibet, Jean C., 1987, "Carburants et Moteurs", Éditions Technip, l'institut français du petrole, Paris, França.