

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PROVENIENTE DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E BIOCOMBUSTÍVEIS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Danniella Rosa, dannirosa@yahoo.com.br¹

Maria José Jerônimo de Santana Ponte, mponte@demec.ufpr.br¹

Carlos Alberto Fiakofski Cadamuro, cadamuro@gmail.com²

¹ UFPR, Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro Politécnico, Jardim das Américas, CEP 81531-990, Caixa Postal: 19011, Curitiba, Paraná, Brasil,

² PUC-PR, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Rua Imaculada Conceição, 1155, Parque Tecnológico – Bloco 3, 2º andar, Prado Velho, Curitiba, Paraná, Brasil,

Resumo: *A escassez de água é uma das maiores preocupações ambientais nos dias de hoje. No entanto, tem-se ciclos produtores de água muito conhecidos e que são desconsiderados, pois as comunidades científicas pouco têm feito para unir conhecimentos técnicos e ecológicos onde cada um contribui com seu conhecimento específico, e unindo-os tem-se resultados surpreendentes. A água resultante da queima de combustíveis em motores de combustão interna seja Ciclo Otto ou Diesel, sempre foi desconsiderada nas análises de emissões veiculares, pois era citada somente como umidade. Saber-se-á enfim que esse precioso produto da natureza, e da indústria, transforma os automóveis em potenciais máquinas de fabricar água através da matéria prima mais criticada pelos ambientalistas: os combustíveis automotores. Serão consideradas as composições mais comuns em nosso país: etanol, gasolina e etanol em mistura comum e gasolina e etanol em mistura variada, nos motores bicomcombustíveis. Essas análises resultarão o quanto de água é produzido para cada litro de combustível consumido.*

Palavras-chave: *emissão veicular, combustíveis, água, impacto ambiental, bicomcombustíveis.*

1. INTRODUÇÃO

Todo combustível que move os automóveis no mundo transforma-se em gases que estão agravando, cada vez mais, a situação caótica do aquecimento global. Essa é uma afirmação comum ouvida e lida todos os dias por ambientalistas e cientistas em todo mundo. No entanto, ao analisar as emissões veiculares, observa-se que existe um elemento emitido que nos fará muita falta no futuro e que simplesmente desconsideramos: a água. Segundo Filizola (2005) alguns dos principais produtos da combustão em veículos automotores são: dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não ou parcialmente oxidados (HC), aldeídos (R-CHO), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (MP). Emitida em estado de vapor para a atmosfera através da temperatura final de queima de combustíveis em motores de combustão interna, seja no ciclo Otto ou no ciclo Diesel, essa “água” modifica toda análise de impacto ambiental mundial.

Por Salomon (2003) os motores de combustão interna são extensamente usados, sua finalidade é produzir trabalho pela força de expansão resultante da queima da mistura de ar com combustível, no interior de cilindros fechados, como todo equipamento térmico transforma a energia química do combustível em trabalho mecânico. (...) são divididos em motores de ignição por centelha ou Otto e de ignição por compressão ou Diesel. Podem ser de dois ou quatro tempos. Nos motores de ciclo Otto, a mistura ar/combustível é admitida na câmara de combustão e inflamada por meio de uma vela de ignição. Já nos motores Diesel (ciclo Diesel), o ar é admitido na câmara de combustão e comprimido até uma pressão suficiente para que ocorra a combustão espontânea quando o combustível for injetado.

Quando a água é citada em estudos como produto da queima dos combustíveis, aparece como Pimentel *et al* (1996) citou em seu modelo químico para a troposfera poluída por veículos movidos a álcool onde exclui a H_2O produzida por ser de menor importância conforme sua análise de sensibilidade.

As emissões veiculares são grandes responsáveis pela poluição, principalmente urbana, atual. Muito estudo está voltado para esta área, de acordo com Jacondino (2005) a preocupação das autoridades com a questão ambiental é recente principalmente em função do crescente aumento da pressão pública para que governos e empresas implementem planos contingenciais.

A quantidade de emissões depende de vários fatores, para Jacondino (2005), apud Faiz (1997), são três, os principais fatores, que afetam a quantidade de poluentes emitidos pelo tráfego rodoviário: (i) as características dos veículos e dos combustíveis utilizados, principalmente o tipo e tecnologia dos motores e a presença de dispositivos de controle de emissões (catalisadores); (ii) as características da frota utilizada, que consistem na sua diversidade (número e tipos de veículos) e seu perfil de idade; (iii) as características na operação, que se constituem nos padrões de utilização dos veículos (tempo, números de viagens, velocidade e comportamento do condutor) e do grau de congestionamento e controle de tráfego.

Elementos poluentes conseqüentes da emissão são, segundo Schäfer (1995), 1,1% das emissões totais, sem considerar a presença do catalisador no automóvel. O restante disto são CO₂, H₂O, N₂ e Ar, todos os elementos achados na natureza e que fazem parte do ciclo natural de respiração dos seres.

Para baixas temperaturas de queima tem-se reações que favorecem a formação da água, Santos *et al* (2008) cita que as reações a baixas temperaturas, abaixo de 900 K, predominam as reações de ação de adição do oxigênio. Desta forma, tem-se como formação os gases comuns dos tipos de queima associada à maneira como os motores serão utilizados.

2. ÁGUA COMO PRODUTO DE EMISSÃO VEICULAR

Ao falar de emissão veicular não se pode esquecer que no motor de combustão interna têm-se situações diferentes. Quando o carro está em aceleração ou em marchas mais lentas, há uma mistura rica que imprime mais torque ao motor, em velocidades de cruzeiro, com marcha constante, existe a mistura pobre. Assim para Silva *et al* (2007) devido aos efeitos cinéticos e de equilíbrio, a composição final dos gases de descarga no processo de combustão, é uma mistura complexa de vários componentes. Em misturas ricas, a quantidade de oxigênio disponível é insuficiente para oxidação completa do combustível, ocorrendo à formação de produtos como monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados ou parcialmente queimados em concentrações elevadas. Em misturas pobres ocorre uma redução significativa na concentração de monóxido de carbono e hidrogênio. Devido às elevadas temperaturas na câmara de combustão, ocorre, inevitavelmente, a formação de óxidos de nitrogênio proveniente da reação entre o nitrogênio e o ar atmosférico.

Evidencia-se, neste estudo, o produto comum da queima, que faz parte dos 98,9% dos gases comuns, não tóxicos, que são emanados pelo escapamento do automóvel. Não está descartado o fato do CO₂ ser nocivo ao meio ambiente, mas é um gás natural atmosférico.

As reações normais para combustão de combustível, considerando em vez de O₂ como reagente, o ar comum atmosférico que é constituído de O₂ e N₂, está em proporções de 1 O₂ para 3,7585 N₂.

Cada combustível terá uma reação diferente devido às diferentes constituições moleculares de base. As misturas também constituem formulações mais complexas que serão vistas a seguir.

Essas três situações ocorrem simultaneamente num circuito normal do automóvel. Assim, serão as condições de tráfego e dirigibilidade que definirão maior ou menor queima de combustível.

Será avaliado, no entanto essa situação independentemente, pois a produção de água não varia de acordo com a mistura, e sim de acordo com a quantidade de H que existirá no combustível utilizado. A Eq.(1) é da mistura estequiométrica, a Eq.(2) é da mistura pobre e a Eq.(3) refere-se à mistura rica. Para cada equação nota-se a diferença de produtos.

Mistura estequiométrica (m=1):



Mistura pobre (m>1):



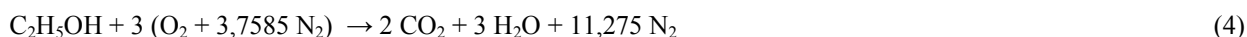
Mistura rica (m<1):



Desconsidera-se neste estágio a formação dos gases tóxicos, eliminando depois nos cálculos finais o 1,1% previsto para reaproximação da situação real.

2.1. Etanol

A composição variará de acordo com o tipo de mistura. A estequiométrica normal será mostrada na Eq.(4).



Quando se adiciona o *m* da mistura haverá outros tipos de reações em proporções diferentes das mostradas. Para isso foi criado um programa de interação simples que varia a emissão de acordo com a mistura esperada. Cada mistura

tem uma estrutura diferenciada de acordo com o produto da reação esperada. O valor de m varia até onde a mistura ar/combustível considerada fique em uma faixa aceitável.

O gráfico abaixo mostra a comparação das quantidades emitidas por cada um dos componentes que são produtos na combustão interna do etanol. Verificando que a maior proporção será o N_2 considerado um gás inerte que não deveria influenciar na queima dos demais componentes. Sabe-se, no entanto, que o nitrogênio ocasiona a transformação de NO_x que são muito nocivos. Como este não será objetivo do estudo, e como a proporção dos gases nocivos é pouca perto dos gases principais da estequiometria com o ar, não será estudada profundamente nesta análise.

Assim, retirando esse elemento do gráfico pode-se verificar a grande quantidade de água produzida. Numa proporção suficiente para ser afirmado que motores de combustão interna produzem água a partir de combustíveis, sejam eles de origem fósseis ou não.

A Figura 1-a) e a Figura 1-b) abaixo representam, respectivamente, a emissão da combustão do etanol para uma mistura pobre e rica. Sem N_2 , pois seu valor é irrelevante nesta análise.

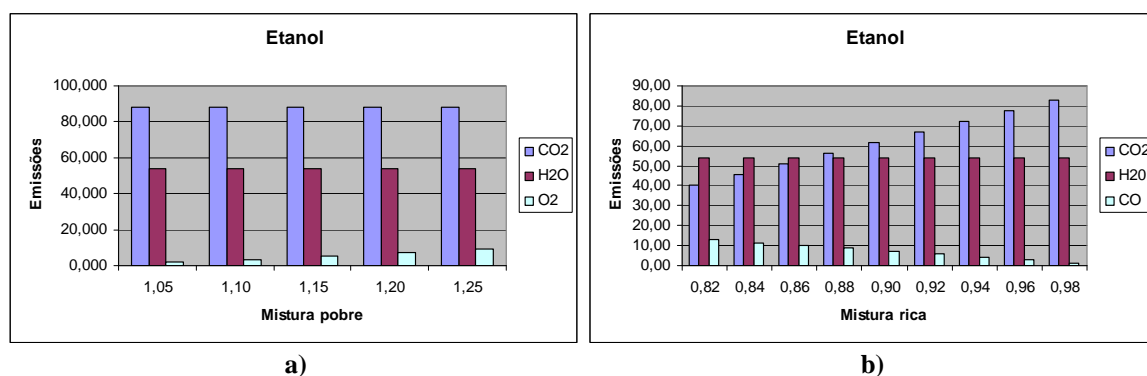


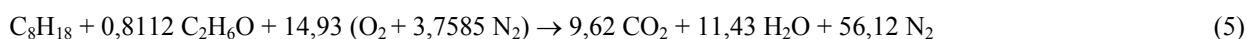
Figura 1. Emissão de gases da combustão do Etanol: a) mistura pobre; b) mistura rica.

Para cada molécula de etanol há três moléculas de água formada. Assim, 46 gramas de C_2H_5OH produzem como gás de combustão 54 gramas de H_2O .

2.2. Gasolina e Etanol (Motores Bicomcombustíveis)

A gasolina pura não é comercializada no Brasil, tem-se na legislação a permissão de misturar até 25% de Etanol para efeitos antidetonantes. Como também serão avaliadas todas as misturas possíveis para os motores bicomcombustíveis, com a variação de 0 a 100% tanto para gasolina como para álcool. Para a fórmula comum estequiométrica considera-se a mistura volumétrica inicial, que não é a mesma que a molar, e só então que se pode montar a proporção certa para haver enfim os gases da combustão.

Para o primeiro caso da gasolina, com mistura exigida de etanol, haverá depois das devidas mudanças molares a Eq. (5) para mistura de equilíbrio.



Assim verifica-se a quantidade de água significativa, e que a partir de agora não pode mais ser desprezada.

Quando se cita motores bicomcombustíveis com as duas possibilidades, a variação é muito maior. Assim, utilizando o mesmo método gráfico utilizado para o etanol.

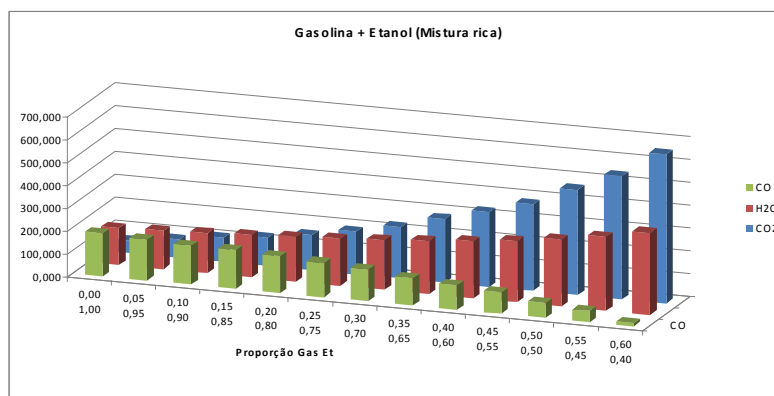


Figura 3. Mistura rica para motores bicomcombustíveis considerando as proporções volumétricas de abastecimento.

Não se pode esquecer que o regime de queima continua sendo o mesmo, envolvendo misturas ricas, pobres e estequiométricas, e para cada tipo de mistura os gases de exaustão serão diferentes também.

A Fig.(3) mostra cada proporção de mistura de gasolina e etanol para mistura rica, essa proporção depende da relação ar/combustível essencial, o que justifica a mistura parar quando se têm 0,60 de gasolina e 0,40 de etanol.

Na Fig.(4) ocorre a mistura pobre, com proporções diferentes da mistura rica por causa da relação necessária de ar/combustível para esse caso.

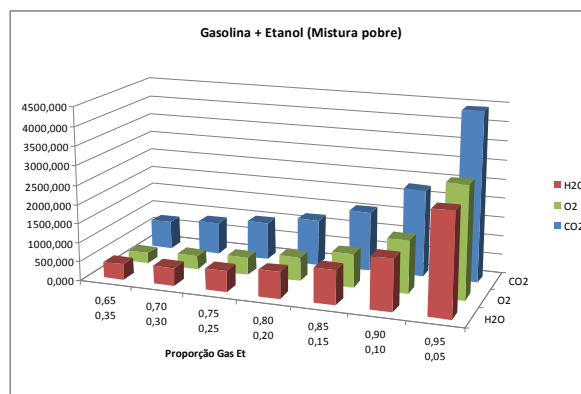


Figura 4. Mistura pobre para motores bicombustíveis considerando as proporções volumétricas de abastecimento.

A produção da água é suficiente para passar a ser considerada como um produto importante, mas para os valores serem mais aceitáveis em termos de proporção real e suficiente para a compreensão de todos, calcula-se a seguir a conversão dos valores molares para os volumétricos.

Têm-se então na Tab.(1) os resultados.

Tabela 1. Proporção da quantidade de água produzida em litros a partir de determinada quantidade de combustível.

Elementos de comparação	$C_8H_{18} + 0,8112 C_2H_6O$	$11,43 H_2O$
Proporção molar	$142,5 + 0,8112 \cdot 58,55$	$11,43 \cdot 18$
Peso	189,9 g	205,74 g
Cálculo de densidade volumétrica	$142,5/0,800 + (0,8112 \cdot 58,55)/0,7856$	$205,74/1,000$
Densidade volumétrica em cm^3	238,58 cm^3	205,0 cm^3
Densidade volumétrica em litros	0,238 l	0,205 l
Proporção comparativa	100 litros	86,13 litros

Como se trata de proporções volumétricas tem-se uma proporção de consumo de gasolina (com 25 % álcool) de 1: 0,8613 o que a princípio parece ser uma proporção absurda mas considerando que a energia de formação da água é uma das mais fortes da natureza, e em contrapartida há a eficiência dos motores de combustão interna mais as perdas para outras substâncias que são as emissões gasosas, pois segundo Schäfer (1995) onde somente 1,1% do produto é tóxico e nocivo. O que numa nova proporção resulta 0,8613 menos 1,1% há então 0,8518.

A proporção deduzida afirma que para cada 100 litros de gasolina consumida por um automóvel existem 85,18 litros de água emitida para a atmosfera em estado de vapor.

Muitos estudos feitos anteriormente, e alguns programas, não contabilizam esta água como um produto de avaliação. Assim são por Jacondino (2005) quando cita o DRACULA em sua dissertação, ou por Silva *et al* (2001) com o programa Ecogest, e por Vaz de Melo (2004) com seu sistema dinâmico de aquisição de dados de emissões em trajeto real.

Como afirma Tartakovski *et al* (2006) para um motor de combustão interna as temperaturas de escape variam de acordo com a rotação por minuto e o combustível. No motor a Diesel que é o que ele estuda, temos uma variação de 430 K a 880 K. Como o motor do ciclo Otto neste caso também segue mais o menos o mesmo padrão, verificamos que a água sairá pelo escapamento acima do seu ponto de evaporação, o que proporciona, com uma pressão mais elevada do que a atmosférica, a certeza desta água estar em estado de vapor.

A avaliação laboratorial definirá qual a qualidade desta água e se ela é ou não nociva ao meio ambiente. Este experimento está sendo realizado em um banco de motores em um laboratório de ensaio acreditado (credenciado) pela Cgcre/INMETRO segundo a norma NBR ISO/IEC 17025, o Laboratório de Emissões Veiculares (LEME) do LACTEC em Curitiba. Este laboratório de ensaio da área de automotiva desde 01/02/2008 faz parte da RBLE, Rede Brasileira de

Laboratórios de Ensaio. É o primeiro laboratório independente da região sul e o único laboratório independente do país acreditado para realizar os serviços com carros e caminhonetes movidos a diesel.

A experiência será feita da seguinte forma: a aquisição do objeto de estudo, neste caso da água em estado de vapor, será realizada a partir de uma serpentina ligada à saída do escapamento do carro que será resfriada para condensar esta água tornando possível assim a sua coleta efetiva. Depois esta água no estado líquido será encaminhada para análise laboratorial e classificada de acordo para tratamento estatístico de análise de dados.

Estes testes ainda estão sendo realizados.

3. CONCLUSÃO

Pode-se constatar que a produção de água a partir da queima de combustíveis fósseis é de tal forma numerosa que não pode simplesmente ser desprezada numa avaliação de emissões veiculares. Tanto para a gasolina, que é um combustível fóssil, quanto para o etanol, que é um biocombustível, há uma produção considerável.

Como a legislação permite a mistura destes dois combustíveis pode-se afirmar que por meios de avaliações de análise estequiométrica, com ou sem mistura de ar excessiva, para cada 100 litros de gasolina adicionada de 25% de etanol, há 85,18 litros de água produzidos, o que se pretende comprovar com o experimento descrito bem como sua qualidade.

4. AGRADECIMENTOS

Ao LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento por confiar-nos o laboratório de emissões de nível internacional e apoiar-nos neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- Filizola, I. M., 2005, “Identificação de Valores Referenciais do Nível de Emissão de Gases de Veículos Automotores Leves do Ciclo Otto”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília – UNB, Brasília – DF.
- Jacondino, G. B., 2005, “Quantificação das Emissões Veiculares Através do Uso de Simuladores de Gráfico”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS.
- Pimentel, A. S. e Arbilla, G., 1996, “Simulação da Química da Atmosfera Poluída por Automóveis a Álcool”, publicado na Revista Química Nova, volume 20, número 3 (1997).
- Salomon, K. R., 2003, “Avaliação Quantitativa do Impacto Ambiental das Emissões Gasosas e do Uso da Água de Resfriamento em Instalações de Geração Termelétrica”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG.
- Shäfer, F. e Bassuhvsnen, R., 1993, “Reduced Emission and Fuel Consumption in Automobile Engines”, Vol. 1, Wien, Germany, 8 p.
- Silva, C. M. e Farias, T. L., 2001, “Ecogest – Programa para Simulações Numérica das Prestações Dinâmicas, Energéticas e Ambientais de Veículos Equipados com Motor de Explosão”, Instituto Superior Técnico, Portugal – Lisboa
- Tartakovski, L., Veinblat, M., Baybokov, V., Gutman, M., Zvirin, Y., 2006, “Effects of Motorsilk Oil and Fuel Additives on Fuel Consumption and Emission of Diesel Machine”, Israel Institute of Technology Faculty of Mechanical Engineering, Haifa – Israel.
- Vaz de Melo, C. R., 2004, “Desenvolvimento de uma metodologia para determinar os níveis de emissão do escapamento de veículos automotores leves do ciclo Otto em condições reais de operação”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília – UNB, Brasília – DF.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE WATER PROCEEDING FROM THE BURNING OF FOSSIL FUEL AND BIOFUEL IN ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION

Danniella Rosa, dannirosa@yahoo.com.br¹

Maria José Jerônimo de Santana Ponte, mponte@demec.ufpr.br¹

Carlos Alberto Fiakofski Cadamuro, cadamuro@gmail.com²

¹ UFPR, Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Centro Politécnico, Jardim das Américas, CEP 81531-990, Caixa Postal: 19011, Curitiba, Paraná, Brasil,

² PUC-PR, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Rua Imaculada Conceição, 1155, Parque Tecnológico – Bloco 3, 2º andar, Prado Velho, Curitiba, Paraná, Brasil,

Abstract. *The water scarcity is one of the biggest ambient concerns nowadays. However, it has been producing water cycles very known and that they are disrespected, therefore the scientific communities little have made to join ecological and technician knowledge where each one contributes with its specific knowledge, and joining them it has been resulted surprising. The resultant water of the fuel burning in internal combustion engine with Otto or Diesel Cycle, always was disrespected in the analyses of vehicular emissions, because it was only mentioned as humidity. One will know, at last, that this precious product of the nature, and the industry, transforms the automobiles into potential machines to manufacture water through the raw material more criticized by the environmental people: the automachine fuels. The compositions most common in our country will be considered: etanol, gasoline and etanol in common mixture and gasoline and etanol in varied mixture, in the flexible-fuel engines. These analyses will result how much of water it is produced for each liter of consumed fuel.*

Keywords: *vehicular emissions, fuels, water, environmental impact, flexible-fuel*

The authors are the only persons responsible for the content of the printed material included in his work.