

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE EMISSÕES DE VEÍCULOS
DIVISÃO DE PROGRAMAS DE REDUÇÃO DE POLUIÇÃO VEICULAR

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**IMPACTO AMBIENTAL DA MISTURA
COMBUSTÍVEL ETANOL-METANOL-GASOLINA**

B210
Sz811 (REET)
027015

| | |
|-----|-------|
| CI | |
| ADP | |
| 17 | 27015 |

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Luiz Antonio Fleury Filho

Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Édis Milaré

Secretário

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Nelson Vieira de Vasconcelos

Diretor-Presidente

Antonio Martins de Albuquerque

Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Carlos Pedro Jens

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

José Maria Lopes

Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso

Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Ricardo Augusto Grecco Teixeira

Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos

Diretor de Controle da Poluição do Interior

IMPACTO AMBIENTAL DA MISTURA COMBUSTÍVEL ETANOL-METANOL-GASOLINA

PETROBRÁS - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Alfred Szwarc

RESUMO

Dentro do quadro de desabastecimento de álcool etílico combustível (etanol), verificado na entressafra da cana de açúcar 1989-1990, o uso da mistura etanol-metanol-gasolina surgiu como uma alternativa capaz de atenuar o racionamento de etanol no país.

Este trabalho sintetiza as principais informações levantadas no "Estudo de Impacto no Meio Ambiente - O Uso do Metanol como Combustível", elaborado para o Ministério de Minas e Energia, em janeiro de 1990. O referido estudo foi feito em co-autoria com os Professores José Roberto Moreira e Paulo Hilário Nascimento Saldiva, da Universidade de São Paulo. Não são tratadas nesta síntese as questões que levaram ao desabastecimento de etanol, embora, no estudo este tema tenha sido abordado.

Conclui-se que o uso da mistura combustível, apresenta impacto ambiental equivalente ao dos demais combustíveis comercializados no país, fato que recomenda a sua utilização pelo período inicialmente estimado para a normalização do abastecimento de etanol, ou seja, cerca de seis meses.

INTRODUÇÃO

Diante da perspectiva de escassez de álcool etílico combustível (etanol) durante a entressafra de cana de açúcar no período de 1989-1990, diversos setores do governo, da iniciativa privada e da comunidade técnico-científica foram levados a propor alternativas ao racionamento do etanol que, já em meados de 1989, se configurava como inevitável e que afetaria, significativamente, a circulação dos 4,2 milhões de veículos a álcool existentes no país.

Dentre as diversas alternativas analisadas, verificou-se que aquela que poderia efetivamente ser aplicada em tempo hábil e atenuar consideravelmente a falta de etanol, envolveria o uso do álcool metílico, mais conhecido como metanol.

Para estudar mais detalhadamente essa alternativa, o Ministério de Minas e Energia estabeleceu um grupo de trabalho formado por produtores de etanol e metanol, PETROBRÁS, IPT, CESP, CETESB, fabricantes de veículos, CNP e Ministério da Indústria e Comércio.

Por sugestão da CETESB, o Grupo de Trabalho definiu que qualquer possível alternativa de uso do metanol deveria contemplar duas premissas básicas:

- 1) não haver necessidade de regulagens especiais de motor e troca de peças e componentes;
- 2) não ocorrer uma maior emissão de poluentes do que aquela originada pelo uso dos combustíveis normalmente comercializados no país.

Após dezenas de ensaios realizados nos laboratórios da CETESB e das montadoras de veículos, verificou-se que uma mistura ternária, composta por 60% etanol, 33% metanol e 7% gasolina, atendia as premissas estabelecidas, possibilitava obter desempenho, dirigibilidade e consumo de combustível equivalentes aos dos veículos a álcool e, viabilizava uma economia de 40% de etanol.

Uma outra mistura, composta por 80% etanol e 20% metanol, também se mostrou viável, entretanto, pelo fato de permitir uma economia menor de etanol, foi descartada para uso.

Vale notar que encontrar misturas de combustíveis que atendam as premissas citadas acima é um trabalho difícil, pois além da necessidade de se preservar o poder calorífico e a alta octanagem do etanol, é necessário compatibilizar as diferenças existentes na viscosidade, na densidade, na volatilidade e nos outros parâmetros básicos que caracterizam os componentes dessas misturas.

IMPACTO AMBIENTAL

Dentro de uma análise realista, a avaliação de impacto ambiental de um combustível novo deve ser feita através de um quadro comparativo com os combustíveis tradicionalmente aceitos e utilizados pela sociedade e que têm os seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente conhecidos.

Essa necessidade de avaliação comparativa se deve ao fato de que não existem combustíveis que, de forma absoluta, não envolvam algum tipo de impacto no meio ambiente.

Além disso, é importante se considerar na avaliação de impacto ambiental, não somente os efeitos diretos resultantes do uso do combustível, como também os efeitos indiretos relacionados com a sua utilização.

Uma questão básica na avaliação de impacto ambiental direto do uso de combustíveis é a identificação das possíveis fontes de poluição que as operações de produção, estocagem, transferência, transporte e uso dos combustíveis podem resultar. No caso do

metanol, desconsideraremos neste trabalho os aspectos relativos a sua produção, visto que este produto está sendo importado e trazido para o país em navios-tanque e a produção nacional, além de ser pequena, está direcionada para o uso industrial.

Uma vez importado e tendo atingido o seu destino no território nacional, o metanol é descarregado do navio-tanque através de braços articulados para um terminal marítimo da PETROBRÁS, onde é armazenado em tanques verticais. Dependendo do caso, a mistura com etanol e gasolina é feita neste terminal ou em outra instalação da PETROBRÁS. Nesta última circunstância, a transferência do metanol puro é feita por bombeamento através de dutos, com nova armazenagem em tanques verticais. A mistura é realizada no interior desses tanques, pela adição dos componentes, um a um, e logo que a composição desejada é atingida, fica disponível para transferência às empresas distribuidoras, que recebem o produto por bombeamento através de dutos e transferem o mesmo aos postos de abastecimento por caminhão tanque. Nestes postos, o combustível fica armazenado em tanques horizontais subterrâneos e o produto é transferido ao consumidor final através de bombas de abastecimento equipadas com bico automático.

Com base no conhecimento do fluxo da mistura combustível, é possível elaborar o Quadro 1, que identifica as fontes de poluição, os poluentes e o meio físico diretamente afetado. O detalhamento dessas informações, que aqui serão brevemente tratadas, estabelece as bases para uma análise de impacto ambiental.

Quadro 1 - Fontes de Emissão de Poluentes para a Mistura Etanol-Metanol-Gasolina.

| Fonte de Poluição | Poluentes | Meio Diretamente Afetado |
|---|--|---------------------------------|
| Operações de estocagem, manuseio, transporte e transferência de combustível | Vapores de etanol, metanol e gasolina | Atmosfera |
| Derramamentos acidentais de combustível | Etanol, metanol e gasolina, no estado líquido e vapor | Atmosfera, solo, corpos de água |
| Uso do combustível | Vapores de etanol, metanol e gasolina; monóxido de carbono, dióxido de carbono, combustíveis não queimados, óxidos de nitrogênio, aldeídos, partículas, óxidos de enxofre etc. | Atmosfera |

Pelo quadro acima, pode-se observar que a grande novidade, em termos de poluição ambiental, é a presença de metanol, seja na atmosfera, no solo ou nos sistemas aquáticos, visto que a presença dos demais poluentes ocorre com o uso de etanol e da mistura gasolina/etanol, combustíveis normalmente comercializados no país.

No que se refere às emissões de metanol para a atmosfera, estas apresentam baixa reatividade fotoquímica quando comparadas com diversos hidrocarbonetos, como etano e butano, ou mesmo com o etanol, emitidos pelos veículos a álcool e a gasolina. Sabe-se que a atividade fotoquímica do etanol é cerca de cinco vezes maior que a do metanol, o que significa que o etanol pode produzir, mais rapidamente, uma maior quantidade de oxidantes fotoquímicos que o metanol. Aliás, esta qualidade do metanol tem contribuído para a sua inclusão no rol dos chamados "combustíveis limpos", ou seja, combustíveis de baixo potencial de poluição.

Pelo fato do metanol e da gasolina apresentarem uma pressão de vapor maior que a do etanol, a mistura ternária acaba tendo uma pressão de vapor aproximadamente 80% superior a do etanol. Este

fato resulta numa maior vaporização do combustível em relação ao etanol, o que significa também um aumento da emissão de vapores para a atmosfera em proporção aproximada ao aumento verificado na pressão de vapor. Por outro lado, sabe-se que a gasolina apresenta uma pressão de vapor cerca de 2 a 4 vezes maior que a da mistura ternária, o que representa uma emissão maior de vapores do que a verificada com a mistura ternária. Vale observar que diversos dos vapores originados da gasolina são extremamente tóxicos, como é o caso do benzeno.

A maior pressão de vapor da mistura ternária em relação ao etanol tem, entretanto, o seu lado positivo, pois facilita a partida e melhora a dirigibilidade com o motor frio, o que pode ser traduzido numa menor emissão de poluentes, num regime de operação do motor que é crítico em termos de poluição. Ainda, com relação à emissão de poluentes pelo tubo de escapamento do veículo, estudos da CETESB (tabela 1) indicam que, tomando-se o etanol por base, a mistura ternária apresenta emissão maior somente para óxidos de nitrogênio (NO_x). Em contrapartida, há uma redução na emissão de combustível não queimado (CNQ) e aldeídos (R-CHO). A emissão de monóxido de carbono (CO) se mantém praticamente igual. Ao se tomar a gasolina por base, verifica-se que a mistura ternária apresenta uma emissão maior somente para aldeídos.

Tabela 1 - Emissão relativa de poluentes pelo escapamento (%)

| Combustível | CO | CNQ | NO_x | R-CHO |
|---|-----|-----|---------------|-------|
| Etanol | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 60% etanol - 33% metanol - 7% gasolina | 103 | 72 | 123 | 75 |
| 78% gasolina - 22% etanol | 175 | 122 | 138 | 36 |

Com relação à questão da emissão de aldeídos, as duas principais espécies que compõem este tipo de emissão nos veículos com motor do ciclo Otto (ignição por centelha) são o acetaldeído e o formaldeído. Nos veículos movidos a etanol, o acetaldeído representa cerca de 85% da emissão e o formaldeído apenas 14%. Nos veículos a gasolina (gasolina + 22% etanol anidro) essa relação passa a ser de 44% e 55%, respectivamente. O uso da mistura ternária resultou em uma redução na emissão total de aldeídos (tabela 2), justificada por um decréscimo de maior magnitude da emissão de acetaldeído do que o aumento verificado na emissão de formaldeído. Um dado de interesse nessa variação qualitativa e quantitativa na emissão dos aldeídos é que o formaldeído, que é uma substância mais preocupante que o acetaldeído em termos de toxicidade e reatividade fotoquímica,

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

continua sendo emitido em quantidade próxima à que é originada durante a combustão da gasolina, em diversos modelos de veículos. Além disso, a redução da emissão de acetaldeído, o qual é precursor da formação de peroxiacetilnitrato (PAN), que é uma substância bastante tóxica, deve ser vista como um benefício.

Tabela 2 - Composição típica de aldeídos no gás de escapamento (g/km)

| Combustível | Acetaldeído | Formaldeído | Total |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------|
| Etanol | 0,094 | 0,015 | 0,109 |
| 60% etanol-33% metanol-7% gasolina | 0,050 | 0,033 | 0,088 |
| 78% gasolina-22% etanol | 0,018 | 0,022 | 0,040 |

Nota: Os valores apresentados refletem a média dos níveis de emissão obtidos para diversos modelos de veículos.

No que tange a emissão de metanol no gás de escapamento, os estudos da CETESB indicam que esta emissão é inferior a 0,6 g/km (limite de detecção do sistema de amostragem e cromatógrafo gasoso utilizados).

O significado de uma emissão inferior a 0,6 g/km para metanol e de uma emissão igual a 0,033 g/km para formaldeído pode ser melhor entendida ao analisarmos os dados da tabela 3.

Estes dados resultam de estudos realizados pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) com modelos matemáticos, considerando veículos movidos exclusivamente a metanol e refletem os níveis de emissão necessários para se atender padrões sugeridos de qualidade do ar iguais a 4,5 mg/m³ (3,5 ppm) para metanol e 0,03 mg/m³ (0,023 ppm) para formaldeído. Convém notar que estes padrões são bastante restritos e as informações disponíveis indicam que são adequados para a proteção da saúde pública.

Tabela 3 - Níveis máximos de emissão de metanol e formaldeído

| Condição de Exposição | Emissão de Poluentes por Veículo (g/km) | |
|-------------------------|---|-------------|
| | Metanol | Formaldeído |
| Rua (tipo desfiladeiro) | | |
| Normal | 66,9 | 0,44 |
| Severa | 9,9 | 0,066 |
| Auto estrada | | |
| Normal | 22,5 | 0,15 |
| Severa | 5,5 | 0,037 |
| Túnel | | |
| Normal | 2,5 | 0,016 |
| Severa | 0,9 | 0,006 |

De acordo com a tabela 3, fica claro que níveis de emissão inferiores a 0,6 g/km de metanol ficam abaixo até do limite de emissão estimado para exposição severa (tráfego congestionado) no interior de um túnel, que é a condição mais crítica de exposição considerada.

Com relação à emissão de formaldeído, verifica-se na tabela 2 que o valor de emissão típico para a mistura ternária somente ultrapassa as emissões estimadas para exposição no interior de um túnel. Este fato acontece também no caso do uso de gasolina e, parcialmente, no caso de uso do etanol.

Considerando que, em geral, os períodos de permanência no interior de um túnel são de curta duração e ocorrem com baixa frequência, os níveis de emissão de formaldeído dos veículos movidos com a mistura ternária, não apresentam um risco sério para a ocorrência de efeitos à saúde.

Além destes dados, podemos também citar um estudo realizado pela CETESB para estimativa de concentração de metanol e monóxido de carbono em um túnel, em condições críticas de ventilação. A conclusão mais importante desse estudo é que, independentemente das hipóteses admitidas, a concentração de monóxido de carbono será sempre substancialmente maior que a de metanol, para o mesmo período, e que eventuais efeitos sobre a saúde serão causados, principalmente, pelo monóxido de carbono.

Com relação à emissão de óxidos de enxofre e partículas no gás de escapamento, pode-se dizer que com o uso da mistura ternária, a emissão desses poluentes é desprezível e que a sua emissão é determinada pela presença da gasolina. Isto se deve ao fato de que o teor de enxofre na gasolina pode chegar a 0,25% em peso,

enquanto que nos álcoois ele se apresenta como traços. Além disso, a queima dos álcoois resulta em uma emissão de partículas de carbono e sulfatos praticamente nula, o que não acontece com a gasolina. Se compararmos a emissão desses poluentes com o uso da gasolina, fica evidenciada a vantagem da mistura ternária, que neste caso, se equivale ao etanol.

No que diz respeito à poluição causada por derramamentos acidentais de grandes quantidades de metanol ou da mistura ternária, pode haver contaminação do solo, do sub-solo ou de corpos de água.

Estudos internacionais indicam que, em comparação com a gasolina, os álcoois apresentam uma toxicidade menor aos organismos aquáticos. Têm-se informações de que os efeitos resultantes de curta exposição aos álcoois, como é comum em derramamentos, têm caráter reversível. Além disso, sabe-se que a biodegradabilidade dos álcoois é mais rápida do que a do petróleo ou da gasolina nos meios aquáticos. Pelo fato dos álcoois serem totalmente miscíveis na água e também serem voláteis, o seu processo de dispersão, diluição e neutralização é bastante rápido. O tempo de residência dos álcoois nos meios aquáticos é da ordem de horas, enquanto que, no caso de petróleo, é estimada em anos.

Em caso de sistemas submetidos a um acidente de graves efeitos ecológicos, a recolonização do sistema por organismos aquáticos importantes é mais rápida no caso dos álcoois do que no caso do acidente envolver petróleo ou gasolina.

Um fato que merece atenção é o risco de um derramamento acidental afetar a potabilidade de corpos de água usados para abastecimento público. No caso de metanol e etanol puros, este risco é maior, pois devido à completa miscibilidade com a água dessas substâncias, a sua detecção imediata é difícil. No caso de misturas contendo gasolina e corantes a detecção poderá ser facilitada pela presença de cor, odor e sabor. Pequenos derramamentos de álcoois requerem normalmente monitoramento e isolamento de área por 1 ou 2 dias, especialmente se houver risco à potabilidade da água. No caso de grandes derramamentos, os processos de diluição e degradação do etanol e metanol podem ser acelerados por processos de aeração da água ou pela inoculação de bactérias não-patogênicas como a "pseudomonas fluorescens" que absorve e metaboliza os álcoois.

Um comentário interessante é que a utilização de álcoois como combustíveis reduz a necessidade de importação de petróleo, fato que diminui o risco de acidentes envolvendo o seu derramamento. Um outro dado importante é que os custos de depuração, após um derramamento envolvendo petróleo ou seus derivados, é maior do que no caso de um derramamento equivalente envolvendo metanol ou etanol, devido o curto período de permanência dos álcoois no meio aquático.

Se considerarmos ainda os custos de caráter social e ecológico provocados pelos derramamentos, verificamos que o petróleo e seus derivados se encontram em considerável desvantagem frente aos álcoois.

Avaliando os danos causados pelo acidente envolvendo o superpetroleiro Exxon Valdez, em 24/03/89, o Serviço de Proteção à Pesca e Vida Selvagem dos EUA registrou que o vazamento de 44.000 toneladas de petróleo resultou na morte de 90.000 a 270.000 aves de 74 espécies diferentes, além de centenas de focas e leões marinhos.

A Exxon estimou em US\$ 1,2 bilhões os gastos com a remoção de petróleo.

No caso de derramamentos acidentais de combustíveis sobre ecossistemas terrestres, pode-se dizer que os combustíveis compostos totalmente, ou, principalmente, por derivados de petróleo, geralmente afetam, com mais severidade, os microorganismos do solo e as plantas, do que os álcoois. Considerando-se a possibilidade de ocorrer contaminação das águas subterrâneas devido a derramamentos de metanol, temos que a miscibilidade, volatilidade e biodegradabilidade do metanol reduziram rapidamente a sua concentração na água, minimizando os riscos à saúde e meio ambiente.

Uma outra questão de importância relacionada com o manuseio, transporte e estocagem de combustíveis, são os riscos de explosão e incêndio. Neste aspecto, pode-se afirmar que os riscos envolvidos com a mistura ternária são equivalentes aos existentes para combustíveis derivados de petróleo e etanol.

Com relação aos efeitos indiretos no meio ambiente, resultantes do uso da mistura ternária, temos um saldo bastante positivo, pois o uso da mistura ternária:

- a) mantêm as características de emissão dos veículos a álcool evitando, portanto um aumento da emissão de poluentes. Este fato é de importância, especialmente para os veículos produzidos em atendimento ao PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), que tem, assim, a emissão que foi homologada, mantida em campo;
- b) possibilita, com a economia de etanol, a recuperação dos estoques reguladores de álcool, permitindo um retorno ao uso de gasolina com 22% de álcool, que resulta em menor emissão de poluentes, especialmente, monóxido de carbono e hidrocarbonetos.

Mais uma vez, temos que este fato representa a garantia de que os veículos a gasolina, produzidos em atendimento ao PROCONVE, passam a apresentar a emissão com a qual foram homologados, uma vez que o uso de gasolina com baixos teores

de álcool, ou sem álcool (gasolina Premium), resulta em níveis de emissão superiores aos verificados durante a homologação dos veículos;

- c) desestimula a conversão de motores a álcool para gasolina, que geralmente são feitas precariamente e sem controle do nível de emissão de poluentes, que, normalmente aumenta;
- d) desestimula o uso de misturas combustíveis caseiros, que, além de apresentarem um sério risco à integridade do motor, têm toxicidade e emissão de poluentes desconhecidas.

USO DOS COMBUSTÍVEIS E RISCOS PARA A SAÚDE

A ação dos poluentes que são originados pelo uso de combustíveis afeta a saúde e se faz sentir, predominantemente, sobre o sistema respiratório dos habitantes dos grandes centros urbanos. Diversos estudos têm demonstrado uma relação positiva entre a poluição do ar e o aumento de morbidade e mortalidade da população, devido a problemas respiratórios. Isto se deve ao fato de que o sistema respiratório promove a filtração e o condicionamento (aquecimento e umidificação) do ar inspirado, constituindo-se, portanto, em um meio em que ocorre a deposição das partículas inaladas, o tamponamento dos poluentes ácidos e a inativação de oxidantes inalados, constituindo-se no cenário da luta travada pelo organismo contra agressores inalatórios.

Considerando-se que a grande massa dos poluentes é gerada pela queima dos combustíveis no motor, pode-se inferir dos dados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, que o uso temporário da mistura ternária, previsto para um período máximo de seis meses, não deve resultar em maiores riscos à saúde do que os apresentados pelo uso dos demais combustíveis.

É oportuno mencionar que a EPA, através de projeções computacionais, prevê uma queda discreta dos casos de câncer na população urbana no caso de ocorrer uma participação de cerca de 30% de carros a metanol na frota veicular, em relação aos padrões atuais. Esta queda é devida, principalmente, pela diminuição dos níveis atmosféricos de hidrocarbonetos em função do uso do novo combustível.

TOXICIDADE DOS COMBUSTÍVEIS

Considerando que a polêmica gerada sobre o uso da mistura ternária se deve à ação tóxica do metanol, concentraremos nossos comentários neste produto.

Como é sabido, o metanol é uma substância que pode afetar a saúde humana a partir de três vias de entrada no organismo: ingestão, absorção cutânea e inalação.

A quase totalidade dos conhecimentos sobre os efeitos tóxicos do metanol provém de casos de intoxicação aguda, por ingestão inadvertida deste produto. A ingestão de metanol pode levar a um quadro clínico que, potencialmente, pode provocar (dependendo da dose ingerida, susceptibilidade e estado de saúde do indivíduo) sintomas de embriaguez, mal estar e náuseas, até alterações neurológicas e visuais permanentes, incluindo cegueira, Parkinsonismo e morte. Neste particular, o metanol deve ser considerado mais tóxico do que a gasolina, o etanol e o óleo diesel. Esta maior toxicidade não se deve às características intrínsecas do metanol, pois efeitos tóxicos da gasolina são observados com doses da mesma grandeza. No entanto, a gasolina possui propriedades heméticas, ou seja, induz vômitos e regurgitação nas pessoas que a ingerem inadvertidamente, o que resulta em considerável excreção pelo organismo, fato que não ocorre com o metanol. Desta forma, a presença de metanol no combustível aumentaria o risco de acidentes, especialmente em caso de sifonamento do combustível por sucção bucal. Entretanto, a presença de 7% de gasolina na mistura ternária, confere odor e sabor de gasolina à mesma, o que reduz sensivelmente a possibilidade de ingestão inadvertida do combustível, bem como induz a regurgitação e vômito. Vale lembrar, que a mistura ternária apresenta cor avermelhada, o que a torna facilmente identificável pelo público.

Um outro dado importante é que a presença de etanol na mistura ternária diminui o potencial tóxico do metanol, uma vez que o etanol retarda a metabolização do metanol, reduzindo a formação de seus metabólitos tóxicos (aldeído fórmico e ácido fórmico). Este fato é particularmente relevante, quando se sabe que as intoxicações e efeitos adversos do metanol têm a sua gravidade mediada pelos acúmulos dos seus produtos metabólitos. Isto significa que este retardo de metabolização do metanol favorece a sua eliminação do organismo pelos pulmões e rins.

Um outro fato de destaque é que o metanol e o etanol não são substâncias cancerígenas, ao contrário da gasolina e do óleo diesel. O potencial carcinogênico dos combustíveis derivados do petróleo deve-se, basicamente, à presença de hidrocarbonetos, principalmente os aromáticos, na sua composição.

O metanol e o etanol são absorvidos rapidamente pela pele (o metanol mais rapidamente), sendo necessário que se evite a manipulação direta dos combustíveis sem proteção adequada. Recomenda-se o uso de luvas impermeáveis, de Neoprene ou material similar. As lesões inflamatórias locais pela absorção cutânea de álcoois são de pequena monta quando comparadas com aquelas provocadas pela gasolina.

A gasolina e o diesel tem absorção cutânea menor do que a do metanol. No entanto as suas propriedades inflamatórias locais são mais acentuadas, provocando alterações da epiderme, como dermatites e eczemas. Desta forma, a manipulação de combustíveis

derivados de petróleo deve também ser feita com proteção adequada de forma a evitar a interação direta entre combustíveis e a pele.

No caso da inalação de vapores, sabe-se que a exposição aos vapores de gasolina pode causar diversos efeitos sobre a saúde, seja em altas concentrações, de forma esporádica, ou em baixas concentrações, de forma contínua. Exposições a altas concentrações são raras, mas podem ocorrer, especialmente em casos de inalação intencional dos vapores com fins alucinógenos. Há inclusive registros de morte, como a que resultou de exposição por cinco minutos a uma concentração de 5000 ppm. Já os efeitos de exposição prolongada em atividades ocupacionais são pouco estudados. Entretanto, diversos efeitos tóxicos, danos pulmonares primários e evidências de aumento de risco de câncer (fígado, estômago, sistema respiratório, pele e tecidos linfáticos/ hematopoiéticos) têm sido observados quando da inalação crônica de vapores de gasolina.

Com relação aos vapores de metanol, estima-se que nas piores condições de evaporação (ambiente fechado e sem ventilação), durante esforço físico (aumento da ventilação alveolar) e uma concentração ambiente de metanol igual a 200 mg/m³ (154 ppm), a exposição de um indivíduo, por 15 minutos, resultaria em uma dose total de 0,6 mg/kg, cerca de 500 vezes inferior à dose capaz de provocar alguma alteração clínica. Este dado é significativo, ainda mais se comparado aos níveis de ingestão média de metanol em indivíduos que fazem uso do adoçante aspartame na dieta e que chegam, desta maneira, a ter em seu organismo cerca de 0,3 a 1,1 mg/kg de metanol. É fato conhecido que cerca de 10% da massa ingerida de aspartame transforma-se, após metabolização no tubo digestivo, em metanol.

A presença de hidrocarbonetos na gasolina faz com que seus vapores sejam carcinogênicos e também mais tóxicos do que o metanol.

Experimentos efetuados com ratos, no Laboratório da Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, mostraram que vapores de etanol e metanol possuem toxicidade similar, e são significativamente menos tóxicos que vapores de gasolina. Os resultados obtidos na Universidade de São Paulo, encontram respaldo em estudos realizados em outros centros. Experimentos realizados pela Celanese Corporation, de Nova Iorque, demonstram que macacos submetidos à concentração de até 5000 ppm de metanol, em um regime de 6 horas por dia e 5 dias por semana, por 4 semanas consecutivas, não apresentam alterações detectáveis na sua saúde. Estes dados são importantes quando comparados com aqueles referentes à inalação de vapores de gasolina, que demonstram que a inalação de 2000 ppm deste combustível durante 1 hora, promove significativa irritação de mucosas em indivíduos da espécie humana.

Uma comparação das taxas de toxicidade do metanol, do benzeno e da gasolina pode ser obtida da literatura (Chemical Rubber Company) (tabela 4):

Tabela 4 - Toxicidade comparativa do metanol, benzeno e gasolina

| Combustível | Contato c/olhos | Inalação | Penetração na pele | Irritação na pele | Ingestão |
|-------------|--------------------|----------|-----------------------|----------------------|----------|
| Metanol | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Benzeno | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Gasolina | (2) | (3) | (3) | (1) | (2) |

A escala usada varia de 1 (pouca) até 5 (extrema toxicidade). A presença do parêntese () significa que os dados são estimados para uma composição média da gasolina, que varia de país para país.

O agrupamento populacional passível de maior exposição aos vapores de metanol seria o dos frentistas dos postos de abastecimentos e dos profissionais das oficinas mecânicas.

Estudos da EPA indicam que, para um abastecimento normal de metanol puro, com duração de 3 a 4 minutos, resulta em uma exposição de 33 a 50 mg/m³ de metanol (25 a 38,5 ppm), junto ao veículo que está sendo abastecido.

Tomando estes dados por base e, considerando que, somente um terço da massa da mistura ternária combustível é composta por metanol, pode-se numa primeira aproximação, inferir que o abastecimento de um veículo resulta numa exposição de 17 mg/m³ (13 ppm). Este nível de exposição é doze vezes menor que o limite de exposição ocupacional vigente no país, ou seja, 156 ppm.

CONCLUSÕES

Considerando-se as informações disponíveis sobre a utilização de metanol como combustível veicular, bem como, analisando-se o contexto de sua possível utilização no Brasil, ou seja, em misturas de etanol com teores máximos de 33% de metanol e 7% de gasolina, pode-se estabelecer as seguintes conclusões:

- 1) sob o ponto de vista da poluição do ar, a utilização da mistura ternária 60% etanol - 33% metanol - 7% gasolina apresenta as seguintes características, em comparação à

utilização do etanol hidratado:

- a) emissão equivalente de poluentes pelo tubo de escapamento do veículo;
- b) aumento na emissão de vapores de combustível durante as fases de manipulação, transporte, abastecimento e uso da mistura ternária.

Considerando-se as características qualitativas e quantitativas dos poluentes emitidos, acredita-se não haver impacto negativo significativo sobre a qualidade do ar. É até possível que, dependendo das características de uma dada região, do perfil da frota local circulante, das condições de tráfego etc., ocorra um impacto positivo, ou seja, melhoria da qualidade do ar;

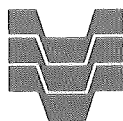
- 2) considerando-se a possibilidade de ocorrência de poluição das águas e do solo por derramamentos acidentais durante o transporte, transferência e estocagem do metanol puro ou em forma de mistura, pode-se afirmar que os eventuais impactos negativos serão de menor magnitude do que os provocados por combustíveis derivados de petróleo;
- 3) considerando-se a possibilidade de ocorrência de incêndio ou explosões acidentais durante o transporte, transferência e estocagem do metanol puro ou em forma de mistura, pode-se afirmar que os riscos envolvidos são equivalentes aos verificados para combustíveis derivados de petróleo e etanol;
- 4) devido às características físico-químicas da mistura ternária, não haverá, de modo geral, necessidade de regulagem e/ou transformação dos motores que equipam a frota a álcool ora em uso, constituindo-se este fato num aspecto positivo e importante do uso deste combustível;
- 5) do ponto de vista de saúde pública, a adoção do metanol é positiva, pois evita ou minimiza o desabastecimento do álcool, fato que desestimula a reconversão de motores a álcool para gasolina, a substituição do álcool anidro ora adicionado à gasolina por combustível do tipo "Premium" e a eventual necessidade de adição de chumbo tetraetila à gasolina. Estes fatores constituem-se em sério prejuízo à precária qualidade do ar de nossos grandes centros urbanos, com efeitos adversos sobre a saúde da população, uma vez que os gases e vapores da emissão dos motores a gasolina são mais poluidores do que aqueles emitidos pelos motores movidos com a mistura ternária ou etanol. Além destes aspectos, deve-se considerar que a mistura ternária não irá alterar o perfil atual das emissões da frota veicular, como referido no item 1 destas conclusões, o que, em princípio, pode ser encarado como aspecto positivo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOREIRA, J.R., SALDIVA, P.H.N., SZWZARC, A. Estudo do impacto no meio ambiente - o uso do metanol como combustível, São Paulo, 1990.

C:\DEV\IMP-MIST.WS2
AS/mho/DEV/07/05/90

| | |
|-------------|----------------|
| Data Anjak: | 7/5/93 |
| Indic: | Memo 14/93 DER |
| Revisi: | 26/4/03 |
| Prasy: | 115 |
| Date Tomba: | 7/5/93 |



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros

Fone: 210-1100 - Telex 1183053-CETS-BR

CEP 05489 - São Paulo - SP - Brasil