

TÍTULO: CONSIDERAÇÕES SOBRE O METANOL NO SER HUMANO

AUTOR : DR. ANTHONY WONG\*

*"Toda substância é venenosa:  
não existe nada que não seja  
tóxica; o que distingue sua  
utilidade da sua toxicidade  
é a dosagem ou quantidade".*

*Paracelso (1493-1541)*

O que se discute atualmente no Brasil é se se deve usar ou condenar o metanol. Todos os segmentos da sociedade participam deste debate, principalmente neste momento crítico da crise energética, em que estão em discussão a própria sobrevivência do programa Pro-álcool.

Muita discussão tem girado em torno dos efeitos ambientais que a introdução do metanol como alternativa de combustível poderia provocar.

Os resultados do RIMA realizados pela USP e Cetesb têm sido tranquilizadores, e estão de acordo com os trabalhos sérios, rigorosamente controlados, feitos por

---

(\*) Coordenador Estadual do Centro de Assistência Toxicológica do Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo e Presidente da Sociedade Brasileira de Toxicologia. São Paulo.



organismos científicos internacionais insuspeitos como a IEA (Agência Internacional de Energia - a pedido do Governo da Suécia), NEDO (Organização para Desenvolvimento de Novas Energias - Japão), EPA (Agência de Proteção Ambiental - EUA) e MCE (Mercado Comum Europeu).

No entanto, pseudocientistas intitulados de ambientalistas, encapuçados em conhecimentos científicos recém-adquiridos, respaldados politicamente por dirigentes municipais desinformados (que mal sabem definir CO e CO<sub>2</sub>, TL V, DL50) e sustentados juridicamente por magistrados que pouco entendem de química e devem julgar que a diferença de metanol e etanol não é a letra "M".

É de estarrecer que os nossos políticos negociem a porcentagem de metanol a ser acrescido sem qualquer respaldo técnico-científico, isto é, se as diversas porcentagens são química e fisicamente compatíveis, mescláveis ou estáveis, como se pudéssemos negociar com o Todo-Poderoso se aceitaria diminuir a rotação do nosso planeta para aumentar o tempo do dia.

Nos diversos debates em que tive oportunidade de participar, constatei que muitos dos que se opõem firmemente ao metanol jamais leram qualquer trabalho científico, e alguns nem sabem a fórmula química do metanol. Alguns pseudotoxicologistas do Interior apregoam que formaldeído pode provocar câncer, sem suspeitar que muito antes de ele atingir níveis potencialmente cancerígenos já provocaria intenso lacrimejamento, espasmo de laringe e brônquios, irritação de pele e distúrbios neurológicos; ademais o formaldeído não é cumulativo no corpo.



Os debates e artigos publicados até hoje dão ên fase aos efeitos no meio ambiente. Poucos discutiram cientificamente os seus efeitos no corpo humano, principalmente como fica a saúde das pessoas que o manipulam diariamente. A desinformação é tanta (talvez até intencionalmente) que os frentistas têm a impressão de que se caírem algumas gotas de metanol no seu corpo, eles estarão irremediavelmente condenados a uma verdadeira AIDS cutânea-química!!!

Antes de continuar, devemos avaliar o conceito da intoxicação. A toxicidade de um produto é a capacidade ou propriedade inerente deste de provocar dano ou lesão. O risco de intoxicação refere-se à possibilidade de ou probabilidade de receber uma quantidade suficiente (dose tóxica) a ponto de provocar uma lesão grave. Assim, ao se discutir a toxicidade de uma substância, refere-se ao risco de uma pessoa expor-se a uma quantidade de ou dose que lhe faça mal. Por exemplo, o cianeto é uma das substâncias mais tóxicas e de uso comum nas indústrias e, no entanto, os envenenamentos causados por ele são raros, porque é muito difícil uma pessoa receber uma quantidade suficiente para lhe causar mal.

#### A TOXICIDADE DA INGESTÃO ORAL DO METANOL

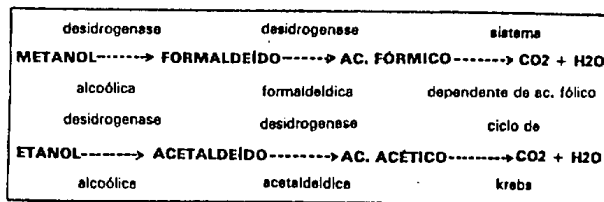
O metanol é uma substância tóxica, assim como são tóxicos o benzeno, o chumbo, os inseticidas, entre outros.

O principal meio de intoxicação é a ingestão oral.

A dose letal, neste caso, varia desde 30 ml até

500 ml, com uma média em torno de 70 a 100 ml, o que resulta em níveis sanguíneos de 90 a 100 mg/100 ml de sangue, que então podem provocar lesões graves no cérebro, olhos, fígado e pâncreas. A absorção pela pele e pela respiração pode contribuir para aumentar os níveis sanguíneos. Os sintomas aparecem de 6 a 30 horas após a exposição, o que significa que há bastante tempo para procurar socorro médico na exposição acidental.

O caso do metanol é o exemplo clássico do envenenamento metabólico, isto é, a toxicidade maior é devido ao produto de sua degradação, o ácido fórmico, pois o próprio metanol é pouco tóxico. Assim, a cadeia metabólica é a seguinte:



Os estudos mostram que cegueira, lesões ao fígado, pâncreas e cérebro são causados pelo acúmulo de ácido fórmico e a conseqüente metabólica.

No homem e nos primatas, pequenas quantidades de ácido fórmico são transformados em dióxido de carbono e água pelo sistema enzimático dependente de ácido fólico, porém quantidades grandes saturam este sistema, provocando acúmulo de ácido fórmico.

Assim, é bastante claro que formaldeído não tem qualquer importância neste contexto, pois apenas traços



mínimos deste são detectados após a ingestão de metanol.

Pelo quadro acima, vê-se que a enzima que transforma metanol em formaldeído é a mesma que transforma o etanol ou álcool etílico em acetaldeído. Esta enzima tem maior preferência por etanol, resultando assim que quando administrados juntos, uma grande parte do metanol não é transformada no seu produto tóxico, o ácido fórmico, e será assim eliminada pelo rim na sua forma original pouco tóxica, que é o metanol. A recomendação é dar uísque ou pinga pura na dose oral de 1 ml/kg peso de hora em hora. Eis aqui, enfim, um papel social do etilismo no nosso País. Do exposto acima, se uma pessoa tomar uma mistura metade metanol, metade etanol, a toxicidade do metanol não diminui apenas ao meio, mas até a cerca de um décimo.

Por isso, a mistura recomendada pela Cetesb de 60% de etanol, 33% de metanol e 7% de gasolina, se ingerida acidentalmente, é de toxicidade relativamente baixa.

A sifonagem oral (ou chupar combustível) nunca deve ser realizada para qualquer combustível ou produto químico. No entanto, quando se toma qualquer líquido, o gole da bebida é quase constante, sendo no homem de aproximadamente 21 ml e na mulher 14 ml (mais ou menos 0,27 ml/kg peso), portanto muito abaixo da dose tóxica média do metanol puro. Cabe enfatizar que no ato de sifonagem, o combustível que chegar à boca não vai ser de glutido, mas cuspidado fora, o que resultará em poucos mililitros ingeridos.



A TOXICIDADE PELA INALAÇÃO DO METANOL

A exposição inalatória do metanol é provavelmente a maior preocupação de saúde pública e ocupacional neste momento. Existem vários cálculos de limites de tolerância (TLV) já publicados. O mais utilizado foi publicado pela Academia Nacional de Ciências dos EUA em 1959 e refere-se à exposição contínua em ambiente fechado.

TABELA DE LIMITES DE  
TOLERÂNCIA A METANOL - 1959  
Duração de exposição T.L.V. (p.p.m.)

Exposição única - 1 hora	1000
8 horas	500
24 horas	200
5 dias x 8 horas	200
1 hora cada 24 horas	500

Estes dados têm sido contestados recentemente por estudos realizados no Japão (NEDO) e Europa. Macacos expostos a 1000 ppm, 22 horas diárias por 2,5 anos, não apresentaram problemas neurológicos nem malformações no feto. Outro estudo de 1989 indica que o homem pode ser exposto, com segurança, a 5.000 ppm de metanol por algumas horas sem apresentar acúmulo de formaldeído ou ácido fórmico.

Vamos, no entanto, trabalhar com a hipótese de um frentista que seja exposto a 200 ppm de metanol puro por 8 horas (261 mg/metro cúbico de ar) e que o metanol seja totalmente absorvido pela respiração (o que não

ocorre na realidade) e ele respira nessas 8 horas um volume total de 10 metros cúbicos ( $m^3$ ) de ar. Assim, sua carga corpórea de metanol seria:

$$\text{Carga total} = 261 \text{ mg}/m^3 \times 10m^3 \times 100\% = 2.610 \text{ mg.}$$

Para piorar esta situação hipotética, vamos supor que esta carga entre no corpo de uma só vez instantaneamente e não ao longo de 8 horas, e este metanol se distribua pela água corpórea, e assim calculamos o pico máximo no sangue:

$$2.610 \div 49 \text{ L} = 53 \text{ mg} / \text{L} = 5,3 \text{ mg} / 100 \text{ ml de sangue.}$$

Este pico máximo é apenas 1/20 do nível que poderia provocar lesões graves. Como a meia-vida de doses baixas de metanol é de apenas 3 horas, o frentista poderá voltar ao trabalho no dia seguinte sem traços de metanol no sangue, isto é, não apresenta qualquer possibilidade de acúmulo.

É necessário salientar que estudos da Cetesb mostraram que no caso de automóveis em garagens fechadas e em túneis longos com automóveis andando a 10 km/hora, a concentração de metanol seria no máximo de 130 ppm.

Trabalhos realizados em ambiente aberto, mesmo com a face próxima à bomba, jamais levaria à exposição de concentrações superiores a 100 ppm.

Proteger com óculos apenas evita o respingo de qualquer substância irritativa nos olhos. O vapor de metanol não provoca cegueira por contato, mas a lesão é provocada pelo metabolismo do metanol no fígado transformado em ácido fórmico. O uso de óculos escuros pode

ser até perigoso, pois dificulta o trabalho com líqui  
dos inflamáveis.

A inalação de formaldeído em ratos a níveis de 6 a 15 ppm, pode provocar tumores nasais, mas estes ní  
veis são muito acima do nível permitido (1,6 ppm) ou en  
contrado (0,9 ppm) com o uso do metanol.

O TLV de gasolina hoje é, no máximo, de 200 ppm, podendo até ser menor dependendo da sua composição. A exposição a vapores de benzeno, tolueno ou outros hidro  
carbonetos diversos e os seus aditivos é perigosa e re  
conhecidamente cancerígena. É sabido que a evaporação  
da gasolina é maior (0,62% do volume total) que do meta  
nol (0,20%). Os sindicalistas estariam mais coerentes protegendo seus associados da gasolina do que do metanol.

#### A TOXICIDADE DÉRMICA DO METANOL

O metanol é um solvente, removendo gorduras e, portanto, podendo provocar ressecamento e irritação da pele, como qualquer álcool ou detergente, embora em maior grau. Absorção através da pele é muito pequena e considerada insignificante em termos toxicológicos. Em um estudo experimental, ratos foram pintados com meta  
nol, óleos diversos ou expostos à radiação ultravioleta por um ano, e os resultados mostraram que nenhum dos ra  
tos pintados com metanol desenvolveu câncer de pele, en  
quanto a radiação ultravioleta provocou tumores em cer  
ca de 15% dos animais.

#### EXPOSIÇÃO CRÔNICA AO METANOL

Existem poucos dados ou relatos de exposição  
crônica ao metanol no homem, mesmo em situações de saú  
de ocupacional.

Indivíduos que usam o adoçante Aspartame, considerado dos mais seguros, são bons indicadores, pois 10% do seu peso são transformados em metanol. Os estudos neste sentido indicaram que pessoas que usaram doses elevadas de aspartame (até 34 mg/kg), equivalentes a ingestão de 3,7 mg de metanol/kg peso, não apresentaram qualquer sintoma clínico nem lesão orgânica.

É interessante notar que sucos de frutas fornecem cerca de 140 mg de metanol por litro.

Experiências em macacos expostos até 1.000 ppm por 22 horas diárias durante 30 meses, não apresentaram distúrbios crônicos, neurocomportamentais ou reprodutivos, nem tumores cancerígenos ou malformações do feto.

#### CONSIDERAÇÕES ECOLÓGICAS

Num estudo realizado na Suécia, foram derramados no campo metanol, etanol e gasolina, e após um ano verificou-se que na área do metanol houve recuperação em 65 por cento da flora original, do etanol em 55 por cento e da gasolina em menos de 50 por cento.

Derramamento nos sistemas aquáticos mostram que todos os combustíveis provocam danos ao ecossistema. Os alcoóis são miscíveis na água e diluem-se rapidamente, sendo que o etanol parece ser mais tóxico. Os hidrocarbonetos, como gasolina, são muito mais tóxicos e seus efeitos persistem por maior tempo.

Assim, se no derramamento dos dois tanques ocorrido recentemente no Espírito Santo, fosse por gasolina no lugar do metanol, certamente a água do reservatório não teria sido liberada em apenas 48 horas, mas

após alguns meses. Observe-se os danos ecológicos do petróleo no Alasca, Marrocos e no nosso litoral.

Os programas de combustíveis renováveis, com etanol e/ou metanol, estão sendo desenvolvidos no mundo todo, principalmente nos países desenvolvidos, pois a poluição decorrente da queima de combustíveis fósseis têm atingido níveis insuportáveis.

Em São Paulo, nos meses em que ocorre a inversão térmica (maio a setembro), os níveis de monóxido de carbono têm constantemente ultrapassado os limites considerados prejudiciais à saúde, atingindo frequentemente mais de 140 ppm. Se desaconselhamos as mulheres grávidas de fumar, pois cada cigarro aumenta o monóxido de carbono no sangue em cerca de 3 ppm, a situação em São Paulo equivaleria a esta senhora fumar mais de 40 cigarros em uma única tragada. Se aumentar a frota de veículos à gasolina nesta cidade, em breve nenhum feto estará a salvo nem as mulheres poderiam ter seus filhos aqui.

O Brasil é o único país em que o programa do álcool combustível é realidade. Todos os países desejam um combustível limpo e seguro.

A opção foi pelo metanol por motivos econômicos e técnicos. O preço da tonelada do metanol é de 65 a 130 dólares CIF, o de etanol é de 350 a 450 dólares, e de gasolina de 220 a 250 dólares. Contrário ao que afirmam os opositores do metanol, o único fator que impede a adoção do metanol em todos os programas em que álcool é o combustível alternativo, é o custo de investimentos no desenvolvimento e comercialização de um motor específico para álcool como foi desenvolvido aqui. É de esperar que a tecnologia brasileira servirá de modelo para os países que desejam adotar um "Programa Proálcool".

COMO O MÉDICO DEVE AGIR

Diante de um caso de intoxicação por metanol, o médico deve se utilizar das recomendações seguintes, elaboradas pelo Dr. Anthony Wong, e adotadas oficialmente pelo Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria da Saúde do Governo do Estado de São Paulo, conforme portaria publicada no "Diário Oficial" do Estado.

SINAIS E SINTOMAS

Os sintomas descritos a seguir referem-se ao uso de metanol puro, e poderão ser modificados e não ser observados no caso da mistura combustível.

1. Há um período de latência de 6 a 30 horas (média 12 a 18 h), no qual os sintomas clínicos são de inebriação, semelhante ao causado por etanol.
2. Cefaléia, falta de apetite, fraqueza, fadiga, cãibras, vertigem ou tontura, agitação.
3. Náuseas, vômitos e diarréias; dores abdominais, lombares e das pernas, intensas.
4. Apatia, evoluindo rapidamente ao coma; às vezes, excitação, delírios e convulsões.
5. Distúrbios visuais, com dilatação de pupilas, fotofobia, evoluindo para cegueira bilateral (transitória ou permanente). Os olhos são sensíveis à luz e à pressão e aos movimentos. A Sequela é a cegueira total ou a diminuição do campo visual.



6. A respiração pode ser rápida e superficial ou profunda (tipo Kussmaul), como consequência da acidose metabólica.
7. Taquicardia moderada, às vezes com hipotensão e choque.
8. Morte por insuficiência respiratória ou colapso cardiocirculatório.
9. Hepatite fulminante, pancreatite e miocardite moderada. Hipoglicemia severa e acidose metabólica acentuada também são frequentemente observadas.
10. A associação com o etanol produzirá sinais de embriaguez.
11. O acréscimo de gasolina (7%) poderá provocar vômitos e seus vapores podem causar uma pneumonite química.

#### TRATAMENTO

1. Lavagem gástrica com bicarbonato de sódio 3 a 5%; NÃO PROVOCAR VÔMITOS (por causa da gasolina).
2. A administração do etanol inibe competitivamente a formação dos metabólicos tóxicos do metanol.

Os níveis séricos ideais de etanol são de 100 a 150 mg/100ml de soro, administrando (oral ou endovenosamente) uma dose inicial de etanol (puro) de 0,6 a 0,8/kg peso e doses de, manutenção de 130 mg/kg/h, até que níveis séricos de metanol cheguem a zero.

Observações importantes:

- a) Todas as doses acima são de etanol puro, e devem ser diluídos a 30% para uso oral e a 10% para uso endovenoso, a fim de evitar gastrite e tromboflebite, respectivamente;
  - b) A mistura etanol-metanol pode tornar a administração de etanol desnecessária.
3. Correção de acidose metabólica é obtida com bicarbonato de sódio por via oral ou sonda nasogástrica até normalização do seu pH (arterial ou venoso) ou do bicarbonato sérico. A dose oral para adulto é de 4g cada 15 min. A correção parenteral pode ser calculada pela fórmula clássica, administrada em 30 a 60 min.
- $$\text{Bicarb. Na (mEq/L)} = \Delta \text{ Bic} \times 0,3 \times \text{peso (Kg)}.$$
- Evitar lactado de sódio, pois o metabolismo de lactado pode estar prejudicado devido à lesão hepática.
4. Oxigênio e assistência ventilatória podem ser necessários.
  5. Dar glicose, tiamina (100 mg) e naloxone para intoxicação por etanol.
  6. Hemodiálise ou diálise peritoneal para casos graves.



7. Ácido folínico (Leucovorina) pode ser aplicado (2 mg/kg) intramuscular a 0, 4, 8, 12 e 18 horas para diminuir a concentração de ácido fórmico.

Em casos de inalação ou absorção dérmica, os níveis plasmáticos jamais alcançarão as concentrações perigosas.