

## **Avaliação do padrão de potabilidade para etilbenzeno considerando suas propriedades organolépticas e o risco à saúde humana**

### **Evaluation of the potability standard for ethylbenzene considering its organoleptic properties and the human health risk**

DOI:10.34117/bjdv7n4-427

Recebimento dos originais: 07/03/2021

Aceitação para publicação: 16/04/2021

#### **Gabriela Maria Arantes Rodrigues**

Mestre em Ciências. Arcadis S.A. Rua Paraíba, 1465 - Bairro Funcionários - Belo Horizonte – MG. CEP 30130-148.

E-mail: gabriela.rodrigues@arcadis.com

#### **Wanderley da Silva Paganini**

Livre docente. Professor Associado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715 - São Paulo – SP - CEP 01246-904.

E-mail: paganini@usp.br

#### **Miriam Moreira Bocchiglieri**

Doutora em Ciências. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Rua Costa Carvalho, 330 – São Paulo – SP. CEP 05429-900.

E-mail: miriammoreira@sabesp.com.br

#### **RESUMO**

A gasolina é constituída por carbonos C5 a C10, sendo que 8,7% de sua formulação é composta por benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos. O etilbenzeno possui potencial carcinogênico para animais e evidências não conclusivas para o homem. O Ministério da Saúde (2011) estabeleceu o valor máximo permitido (VMP) de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> para ingestão de água baseado em efeitos organolépticos do etilbenzeno. O objetivo deste trabalho é apresentar uma simulação de VMP baseado em risco à saúde considerando os efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos do etilbenzeno. As equações utilizadas foram extraídas do Guia de Potabilidade para Substâncias Químicas (UMBUZEIRO, 2012). Os resultados obtidos indicam que o VMP para efeitos não carcinogênicos é 0,7 mg.L<sup>-1</sup> e 0,031 mg.L<sup>-1</sup> para efeitos carcinogênicos. Recomenda-se o desenvolvimento de estudos no campo da saúde pública com vistas a subsidiar futuras revisões dos padrões de potabilidade.

**Palavras-Chave:** Risco à saúde, potabilidade, áreas contaminadas

#### **ABSTRACT**

The gasoline consists of carbons C5 to C10, and 8.7% of the formulation is composed of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes. The ethylbenzene has potential carcinogenic to animals and evidence not conclusive for Human. The Ministry of Health (2011) established the maximum allowed value (VMP) 0.2 mg.L<sup>-1</sup> for water intake based on organoleptic effects of ethylbenzene. The objective of this study is to present a VMP simulation based on human health risk considering the carcinogenic and non-carcinogenic

effects of ethylbenzene. The equations used were extracted from Potability Guide to Chemicals (UMBUZEIRO, 2012). The results indicate that the VMP to not carcinogenic is  $0.7 \text{ mg.L}^{-1}$  and  $0.031 \text{ mg L}^{-1}$  to carcinogenic effects. It is recommended the development of studies in the field of public health in order to support future revisions of potability standards.

**Keywords:** Human Health Risk, potability, contaminated area

## 1 INTRODUÇÃO

Combustíveis derivados de petróleo, como gasolina, diesel e querosene são obtidos a partir da destilação do óleo cru, sendo separados de acordo com seu grau de volatilização. Estes combustíveis são formados por uma grande variedade de hidrocarbonetos, cuja composição específica varia com o tipo de produto (gasolina, óleo diesel, etc.). Entretanto, esta composição não é exata, podendo variar com o tipo de óleo cru original, processo e época de refinamento e aditivos utilizados para melhorar sua performance (MIHELIC, 1990; OLIVEIRA, 1997). A gasolina é composta principalmente por carbonos entre C5 a C10, como alcanos, alcenos, monoaromáticos solúveis em água e aditivos (FETTER, 1994; KEENAN et al., 2010).

As substâncias químicas benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) representam 8,7% da formulação da gasolina comercializada no Brasil, sendo 0,8% de benzeno, 2,5% de tolueno, 0,8% de etilbenzeno, 3,4% de (m+p)-xilenos e 1,2% de o-xileno, por estes produtos serem considerados tóxicos à saúde humana e ao ecossistema (KEENAN et al., 2010) faz-se necessário o estudo de suas propriedades físicas e químicas. A Tabela 1 apresenta a fórmula química e suas respectivas identificações no registro do banco de dados do *Chemical Abstracts Service* (CAS), divisão da *Chemical American Society* do BTEX.

Tabela 1 - Compostos químicos orgânicos presentes na gasolina

Composto	Fórmula química	Número CAS <sup>1</sup>
Benzeno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	71-43-2
Tolueno	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	108-88-3
Etilbenzeno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	100-41-4
Xilenos	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	1330-20-7

<sup>1</sup>CAS – *Chemical Abstract Service*

Estudos (RAABE, 1993; FETTER, 1994; MAXIMIANO, 2001; JURAS, 2005; KEENAN et al., 2010) têm abordado os efeitos da gasolina na saúde humana e no meio ambiente, principalmente devido a presença de hidrocarbonetos, como o BTEX. Devido a toxicidade destes hidrocarbonetos, em países europeus, desde 2000, o teor de aromáticos

está limitado a no máximo, 42% do volume, em 2005 foi restrito a 35% do volume. Para o benzeno, o teor máximo está limitado a 1,0% do volume, desde 2000 (JURAS, 2005). No Brasil, as especificações para a comercialização da gasolina automotiva estão estabelecidas na Portaria da Agência Nacional do Petróleo (ANP) nº 40, de 25 de outubro de 2013 e no Regulamento Técnico ANP nº 3/2013. Por essas normas, são estabelecidos, entre outros, os seguintes teores máximos na gasolina Tipo C (disponível ao consumidor final) comum: 1,0% do volume de benzeno, 25% do volume de hidrocarbonetos olefínicos, e 35% do volume de hidrocarbonetos aromáticos.

Várias organizações desenvolveram sistemas de classificação baseados na toxicidade das substâncias químicas, como causadoras de efeitos carcinogênicos ou não. Os sistemas de classificação desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) e pela *International Agency for Cancer Research* (IARC) classificam o etilbenzeno como Grupo D e Grupo 3, respectivamente. Estes grupos incorporam as substâncias que não tiveram sua carcinogenicidade avaliada em virtude da falta de estudos.

Considerando que o etilbenzeno possui evidências, mesmo que não conclusivas, de ocasionar câncer em seres humanos, e que é apresentado nas Planilhas de Avaliação de Risco para Áreas Contaminadas da CETESB como composto não carcinogênico, e ainda, que o valor máximo (VMP) estabelecido pelo Ministério da Saúde (2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, é baseado em padrões organolépticos, este estudo apresenta uma simulação destinada a indicar a concentração máxima aceitável para o etilbenzeno na água para consumo humano, baseada em risco à saúde humana.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E CARACTERÍSTICAS TOXICOLÓGICAS DO ETILBENZENO

Nos acidentes envolvendo gasolina, a principal preocupação é a contaminação dos aquíferos utilizados como fonte de abastecimento para o consumo humano. A gasolina em contato com a água subterrânea se dissolve parcialmente, podendo liberar os constituintes presentes para o ambiente. Esses compostos apresentam alta solubilidade em água e conseqüentemente elevada capacidade de migração pelo meio. No Brasil é permitida a adição de etanol em gasolina, contudo este procedimento é considerado um fator que potencializa a contaminação dos aquíferos proporcionando um aumento da dissolução do BTEX na água subterrânea (MAXIMIANO, 2001; PEDROZO et al., 2002).

O etilbenzeno é considerado uma substância com potencial carcinogênico para animais e com evidências não conclusivas ou inadequadas para o homem (NTP, 1992 e 1999; CANTOX, 2004; KEENAN et al., 2010). Nos bancos de dados consultados não foram observadas informações epidemiológicas sobre o potencial carcinogênico do etilbenzeno em humanos após a exposição oral ou por inalação. Maltoni et al. (1985 apud NTP, 1992) observam em suas pesquisas um aumento significativo no total de tumores malignos em ratos fêmeas que receberam doses de etilbenzeno por via oral.

O etilbenzeno é absorvido via ingestão, inalação e contato dérmico, e distribuído no tecido adiposo, fígado, rim, medula óssea e tecido nervoso (NTP, 1999), sendo a inalação a principal via de exposição do etilbenzeno (NTP, 1992). Alguns estudos relatam que o composto pode atravessar a placenta, sendo considerado embriotóxico e teratogênico (NTP, 1999), contudo a compilação bibliográfica realizada por Cantox (2004) indica a ausência de efeitos teratogênicos ou tóxicos em fetos animais, bem como a ausência de efeitos no sistema reprodutor após a exposição ao etilbenzeno.

De acordo com o NTP (1992), entre 49 e 64% da dose inalada de etilbenzeno é retida em humanos, enquanto que em ratos, segundo Chin et al. (1980 apud NTP, 1992), a retenção é da ordem de 44%. Ratos fêmeas que receberam por via oral 408 ou 680 mg.kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, 5 dias por semana durante 6 meses apresentaram aumento de peso do fígado e rim, devido ao inchaço das células destes órgãos. Em doses inferiores, entre 13,6 e 136 mg.kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, não foram observados efeitos adversos nos ratos fêmeas (Wolf et al., 1956 apud NTP, 1992). Estudos desenvolvidos com animais também relatam o aumento de peso e alterações histopatológicas no fígado e rins de ratos (NTP, 1992 e 1999; IRIS, 2004). Estudos realizados com seres humanos e mamíferos mostram que o etilbenzeno é

biotransformado no fígado, sendo os principais produtos formados, o ácido mandélico e o fenilgloxílico. Exposições agudas ao etilbenzeno podem causar danos ao sistema nervoso central, desconforto gástrico e vômito (NTP, 1992 e 1999, CANTOX, 2004).

Em ratos expostos por 6 horas a  $1000 \text{ mg.m}^{-3}$  de etilbenzeno foi verificado que cerca de 83% da dose absorvida foi excretada na urina, 8% em gases expirados, e 0,7% nas fezes (CHIN et al., 1980 apud NTP, 1992). Após a ingestão de  $30 \text{ mg.kg}^{-1}$  em dose única, 80% de etilbenzeno foi excretado na urina no primeiro dia. (CLIMIE et al., 1983 apud NTP, 1992). Estudos verificam que a principal via de excreção do etilbenzeno em ratos é pela urina (NTP, 1992; CANTOX, 2004). A excreção urinária do ácido mandélico, principal produto de biotransformação do etilbenzeno, ocorre de forma bifásica. A primeira fase é rápida, com meia-vida de 3,1 horas, e a segunda, lenta, com meia-vida de 25 horas. Após a exposição por via dérmica, entretanto, a excreção de ácido mandélico foi equivalente a somente 4,6% da dose absorvida, o que indica a ocorrência de diferenças metabólicas dependendo da via de introdução (DUTKIEWICZ e TYRAS, 1967).

## 2.2 PADRÃO DE POTABILIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Ao longo do tempo, a humanidade vem se defrontando com vários problemas globais, dentre eles, as questões ambientais, que vêm adquirindo especial importância, em função do aumento das demandas decorrentes do impacto do crescimento acelerado da população e maior uso dos recursos naturais, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna (REBOUÇAS et. al., 2002).

REBOUÇAS et. al. (2002) alertam que a qualidade das águas da Terra (rios, lagos naturais e represas, em particular), dos ecossistemas e da vida, vem sendo degradada, quantitativa e qualitativamente, e esse processo pode ser irreversível nas áreas mais densamente povoadas dos países emergentes.

SANTOS (2005) cita que todos os fenômenos e situações que afetam a qualidade das águas são avaliados por meio de indicadores específicos, e cada nível de qualidade é preservado e protegido por padrões expressos em legislação, em função dos teores máximos admissíveis para cada indicador. Assim, os padrões de qualidade garantem o conjunto de usos correspondentes a cada nível de qualidade da água. Ainda de acordo com SANTOS (2005), cada parâmetro analisado na água apresenta um significado sanitário que deve ser considerado. São eles, os principais fatores de comparação da melhoria, da estabilidade ou piora na qualidade da água. Conseqüentemente, os resultados das análises ambientais são importantes indicadores no processo de controle e prevenção

ambiental, tendo grande relevância nos programas de gestão ambiental modernos, balizados por meio de instrumentos regulatórios.

A estreita relação existente entre a qualidade da água e a saúde, evidencia a necessidade do poder público em estabelecer padrões e regulamentar o uso da água em função de sua qualidade. No Brasil, as referências que asseguram a qualidade da água para consumo humano são estabelecidas pela Portaria nº 2.914/2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), que é um instrumento para o exercício da vigilância e do controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Nela são estabelecidos procedimentos e responsabilidades, com vistas à garantia da prevenção de doenças e promoção da saúde da população. Os padrões de qualidade da água para consumo estabelecidos nessa Portaria referem-se às concentrações das substâncias consideradas aceitáveis e seguras à saúde da população. Esses limites são definidos a partir de simulações em modelos matemáticos, considerando as características gerais da população e as informações toxicológicas das substâncias químicas de interesse disponíveis (UMBUZEIRO, 2012).

Segundo UMBUZEIRO et al. (2010), o estabelecimento dos padrões de qualidade para consumo humano no Brasil, tem utilizado como base, uma série de critérios definidos por agências internacionais, tais como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e por agências ambientais de outros países, especialmente o Canadá e os Estados Unidos da América.

Os agentes químicos para os quais se estabelecem critérios de qualidade de água são aqueles que têm probabilidade de ocorrência no país ou região e são capazes de causar efeitos adversos ou desconforto aos seres vivos. Esses agentes podem estar presentes na água a partir de fontes naturais, por exemplo, em função das características geológicas do meio, ou por de fontes de contaminação antropogênicas. No caso específico da água para abastecimento público, o valor máximo permitido (VMP) pode ser definido como o nível máximo de um contaminante presente na água destinada a consumo humano (UMBUZEIRO et al., 2010 e 2012). A Tabela 3 apresenta os valores máximos permitidos em água para consumo humano para os principais compostos químicos da gasolina (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos – BTEX).

Tabela 3 - Valores máximos permitidos para BTEX em água de abastecimento

Composto	Valor Máximo Permitido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) <sup>1</sup>
Benzeno	5
Etilbenzeno	200 <sup>2</sup>

Tolueno	170 <sup>2</sup>
Xileno	300 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Portaria nº 2.914/2011

<sup>2</sup> Padrão organoléptico

### 3 METODOLOGIA

As equações utilizadas para calcular o padrão máximo permitido para o consumo humano de água contaminada por etilbenzeno foram extraídas do Guia de Potabilidade para Substâncias Químicas (UMBUZEIRO, 2012). Nesta publicação, as equações para o cálculo dos padrões (limites) de qualidade da água destinada ao consumo humano, baseados em risco, são apresentadas de forma genérica conforme exposto a seguir:

- Substâncias não cancerígenas:

$$\text{Critério de Qualidade de Água} = \frac{\text{Ingresso Diário Tolerável} \times \text{Fator de alocação} \times \text{peso corpóreo}}{\text{consumo de água}} \quad (\text{Eq. 1})$$

- Substâncias cancerígenas:

$$\text{Critério de Qualidade de Água} = \frac{\text{Nível de risco aceitável} \times \text{peso corpóreo}}{\text{fator de potencia carcinogênica} \times \text{consumo de água}} \quad (\text{Eq. 2})$$

### 4 RESULTADOS OBTIDOS

Para calcular o critério de potabilidade baseado em risco do etilbenzeno, foram considerados os dados de entrada apresentados no Quadro 1, obtidos a partir da literatura especializada.

Quadro 1. Dados de entrada para o cálculo do critério de qualidade

Variável		Referência
Ingresso diário tolerável	0,1 (mg.kg <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	CETESB (2013)
Nível de risco aceitável	10 <sup>-5</sup>	CETESB (2013)
Fator de potência carcinogênica	0,011 (mg.kg <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>	CETESB (2013)
Fator de alocação	0,2	UMBUZEIRO (2012)
Peso corpóreo	70 kg	CETESB (2013)
Consumo de água	2 L/dia	CETESB (2013)

Com base nos dados de entrada apresentados no Quadro 1 e a partir da Equação 1, para efeitos não carcinogênicos, apresentada no item 3, o limite admissível encontrado foi de 0,7mg.L<sup>-1</sup> e para efeitos carcinogênicos, a partir da Equação 2, o valor foi 0,031 mg.L<sup>-1</sup>.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o padrão legal para presença de etilbenzeno em água destinada ao consumo humano é  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , baseado na percepção organoléptica, conforme publicado pela Portaria n° 2.914/2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

As avaliações apresentadas neste trabalho permitem observar que a Portaria 2.914/2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011) atende aos limites estabelecidos o etilbenzeno, quando classificado como uma substância com efeitos não cancerígenos, conforme os padrões da US EPA. No entanto, há estudos que evidenciam efeitos carcinogênicos de etilbenzeno em animais, com evidências ainda não adequadas para seres humanos. Diante do exposto, considerando que o tema não é consenso entre os especialistas, e ainda por envolver a saúde da população, é recomendável o aprofundamento de estudos para substâncias que, a exemplo do etilbenzeno, tiveram os limites de potabilidade estabelecidos com base nas propriedades organolépticas da água.

Esses estudos poderão subsidiar futuras revisões da Portaria n° 2.914/2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), e a partir daí, a lista de Valores Orientadores para Áreas Contaminadas, publicada pelas agências estaduais, também poderá ser atualizada, onde couber.

## REFERENCIAS

CANTOX. Environmental Inc. Assessment report on ethylbenzene for developing na ambientalir quality objectives. Alberta Environmental: 2004.

CETESB. Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. 2013. Acesso em: 15 nov 2013.

CHIN, B.H., MCKELVEY, J.A., CALISTI, L.R., KOZBELT, S.J., SULLIVAN, L.J. 1980. Absorption, distribution, and excretion of ethylbenzene, ethylcyclohexane, and methylethylbenzene isomers in rats. Bull Environ. Contam. Toxicol 24, 477-483. apud NTP. Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene. R. T. P. 1992.

CLIMIE, I. J. G., D. H. HUTSON, G. STOYDIN. 1983. The metabolism of ethylbenzene hydroperoxide in the rat. *Xenobiotica* 13:611-618. apud NTP. Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene. R. T. Park: 1992.

DUTKIEWICZ, T. H. TYRAS. Skin absorption of ethylbenzene in man. Brit. J. Ind. Med. 24:330. 1967.

FETTER, C. W. Applied hidrogeology. 3ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

JURAS, L. A. G. M. Impacto a saúde e a meio ambiente do aumento irregular de solventes na gasolina. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005.

IARC - International Agency for Cancer Research. Agents Classified by the IARC. Monographs, Volumes 1-112. 2015. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/>>. Acesso em: 04 Abr 2015.

IRIS – Integrated Risk Information System. Search by Human Carcinogenicity. 2014. Disponível em: <[http://www.epa.gov/iris/search\\_human.htm](http://www.epa.gov/iris/search_human.htm)>. Acesso em: 07 Abr. 2015.

KEENAN, J.J., GAFFNEY, S.H., GALBRAITH, D.A., BEATTY, P. PAUSTENCACH, D.J. Gasoline: A complex chemical mixture, or a dangerous vehicle for benzene exposure? *Hemico-Biological Interation*, v. 184, p. 293-295. 2010.

MALTONI, C., B. CONTI, G. COTTI, et al. 1985. Experimental studies on benzene carcinogenicity at the Bologna Institute of Oncology: current results and ongoing research. *Am. J. Ind. Med.* 7:425-446. Apud NTP. Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies). R. T. P. 1992.

MAXIMIANO, A. M. de S. Determinação dos níveis aceitáveis no ambiente para hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas em risco (RBCA): aplicações para a cidade de São Paulo. 2001. 131p. USP.

MIHELICIC, J. R. Modeling the potential effect of additives on enhancing the solubility of aromatic solutes contained in gasoline. *Groundwater Monitoring Review*, p.133-137. 1990.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2.914, de 12/12/2011. Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

NTP - National Toxicology Program. Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies). R T P: 1992.

\_\_\_\_\_. NTP Report on the Toxicity and Carcinogenic Studies of Ethylbenzene in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies). R T P: 1999.

OLIVEIRA, E. Ethanol flushing of gasoline residuals – microscale and field scale experiments. 1997. 291p. Tese - Universidade de Waterloo, Canadá.

PEDROZO, M. F. M, BARBOSA, M. E., CORSEUIL, H. X. SHNEIDER, M. R. LINHARES, M. M. Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo. Salvador: Centro de Recursos Ambientais. 2002.

RAABE, G. K. Review on the carcinogenic potential of gasoline. *Envir Health Persp* v.101, n.6. p.45-48. 1993.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B. e TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil. SP: Escrituras, 2002.

SANTOS, C.R. Evolução das condições sanitário-ambientais do rio Tietê até o reservatório de Barra Bonita: efeitos da Região Metropolitana de São Paulo. 2005. 186p. USP.

UMBUZEIRO, G. A. (coord.). Guia de potabilidade para substâncias químicas. São Paulo: Limiar, 2012.

UMBUZEIRO, G. A., FUMMROW, F.; REI, F. F. C. Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação. *Revista de Gest Int Saúde Trab Meio Amb*, São Paulo, v.5, n.1, jan./abr. 2010.

WOLF, M. A., V. K. ROWE, R. L. MCCOLLISTER, F. OYEN. Toxicological studies of certain alkylated benzenes and benzene. *A.M.A. Arch. Ind. Health* 14:387-398. 1956. apud NTP. Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene. R T P: 1992.