



Interciencia

ISSN: 0378-1844

interciencia@ivic.ve

Asociación Interciencia

Venezuela

Costa Ferreira da, Marco Antonio; barrozo da Costa, Maria de Fátima

Benzeno: uma questão de saúde pública

Interciencia, vol. 27, núm. 4, abril, 2002, pp. 201-204

Asociación Interciencia

Caracas, Venezuela

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906709>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

BENZENO: UMA QUESTÃO DE SAÚDE PÚBLICA

Marco Antonio Ferreira da Costa e Maria de Fátima Barrozo da Costa

RESUMO

O artigo evidencia a necessidade do estabelecimento de medidas para o controle ocupacional e não-ocupacional do benzeno, que em função das demandas cada vez maiores, para atender às necessidades do mundo atual, tornou-se um

contaminante universal. Para isto, apresenta alguns estudos nacionais e internacionais que acentuam a urgência de ações de avaliação ambiental e biológica, tanto na população exposta ocupacionalmente como na não exposta.

SUMMARY

This paper brings out the need for the establishment of an occupational and non-occupational control of benzene, which has become a universal contaminant as a result of an ever-increasing demand to meet the needs of the present world. To

this end, some national and international studies are presented, that emphasize the urgency of environmental and biological evaluation, in both the occupationally exposed and the non-exposed populations.

RESUMEN

El artículo evidencia la necesidad del establecimiento de medidas para el control ocupacional y no ocupacional del benceno, que en función de las demandas cada vez más grandes, para atender a las necesidades del mundo actual, se ha convertido en un

contaminante universal. Para esto, presenta algunos estudios nacionales e internacionales que acentúan la urgencia de acciones de evaluación medioambiental y biológica, tanto en la población ocupacionalmente expuesta como en aquella no expuesta.

O Benzeno, é um composto orgânico volátil, constituinte do petróleo, utilizado como solvente em laboratórios químicos (analíticos e de sínteses), como matéria prima nas indústrias químicas, e, encontrado nos parques petroquímicos, de refino de petróleo, nas companhias siderúrgicas, nas usinas de álcool anidro, na gasolina e na fumaça do cigarro. Vulcões e queimadas de florestas são fontes naturais que também contribuem para sua presença no meio ambiente.

A introdução de novas tecnologias, impondo demandas cada vez maiores para atender às novas necessidades do mundo atual, faz com que o benzeno seja uma das substâncias produzidas industrialmente em maior volume no mundo, en-

quanto no Brasil, ele é o terceiro produto petroquímico básico em oferta (ABIQUIM, 1999). Cerca de 95% da produção nacional de benzeno, provém dos parques de produção petroquímica e refino de petróleo (Camaçari, Triunfo, Capuava e Cubatão). Os 5% restantes são produzidos através da destilação fracionada de óleos leves de alcatrão, BTX (Benzeno, Tolueno, Xilenos), obtidos nas Companhias Siderúrgicas.

A Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM (1999) estima que a demanda mundial de benzeno crescerá até o ano 2003 a 3,9%/ano, atingindo o valor de 35,1 milhões de toneladas, e a capacidade instalada de produção alcançará no mesmo ano, cerca de 45 milhões de toneladas/ano.

Embora, venha ocorrendo uma maior conscientização, em função da necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias, no sentido de substituir o benzeno por outras substâncias nos processos industriais, este, ainda é considerado um contaminante universal.

Dentro deste contexto, o objetivo deste artigo é evidenciar a exposição humana ao benzeno que pode ser devida a diferentes fontes, presentes em ambientes ocupacionais e não-ocupacionais (ambiente exterior e interior), e a necessidade do seu controle.

Exposição Humana ao Benzeno

A toxicidade do benzeno depende da via de introdução,

sendo que a principal via de intoxicação ocorre pela inalação dos seus vapores. A absorção via contato dérmico do benzeno na forma gasosa contribuir muito pouco para o total da exposição, no entanto, a absorção do benzeno na forma líquida é considerada uma importante rota de exposição (WHO, 1996). Fiserova-Begerova (1993) estima a taxa de absorção cutânea na faixa de 0,2 a 0,7mg/cm²/h.

Apesar dos grandes avanços científicos recentes, tanto o mecanismo de ação tóxica do benzeno, bem como a relação dose-resposta entre a exposição ocupacional a esta substância e o desenvolvimento de câncer no homem ainda não estão completamente entendidos (Larsen e Larsen, 1998).

PALAVRAS CHAVE / Benzeno / Ambiente Ocupacional / Ambiente Não Ocupacional /

Recebido: 19/11/2001. Modificado: 05/02/2002. Aceito: 26/02/2002

Marco Antonio Ferreira da Costa. Engenheiro Químico, Mestre em Educação e Doutorado em Educação, Universidad de La Habana, Cuba. Pesquisador, Fundação Oswaldo

Cruz. Endereço: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Avenida Brasil 4365, Rio de Janeiro, Brasil. e-mail: marco@ensp.fiocruz.br

Maria de Fátima Barrozo da Costa. Engenheira Química, Mestre em Gestão Ambiental e Doutora em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública. Pesquisadora, Fundação

Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, Brasil. e-mail: mafa@ensp.fiocruz.br

Acredita-se que esta alta toxicidade do benzeno está associada à sua ação direta sobre o organismo bem como a de seus produtos derivados da biotransformação, como por exemplo: o benzeno epóxido (resultante da primeira reação de biotransformação), uma substância altamente reativa e instável, e a 1,4-benzoquinona, prováveis responsáveis pela mielotoxicidade do benzeno (Salgado e Pezzagno, 1991).

Diversos estudiosos acreditam que a maioria dos casos de câncer seja devida à poluição ambiental, incluindo os de natureza ocupacional (Feo e Martínez, 1993; Kitamura, 1995).

A esse respeito Rozen (1994) pondera que “com a expansão e as mudanças em nossa tecnologia industrial, alterações ambientais de complexidade crescente surgiram. Aos problemas do ar, da água e dos alimentos contaminados por bactérias, que antes dominavam a cena, se substituiu a poluição química, e sua possível relação com o câncer.” Ainda, segundo Rozen (1994), é preciso ressaltar que se sabe muito pouco sobre os possíveis efeitos tóxicos da poluição do ar na saúde individual e comunitária.

Diante do exposto, verifica-se que é importante a questão da qualidade do ar, principalmente, sabendo que do total das emissões de hidrocarbonetos, liberadas para o meio ambiente, cerca de 5%, são relativas ao benzeno (Larsen e Larsen, 1998).

Ambiente Ocupacional

Seguramente a exposição ao benzeno em ambientes ocupacionais, muitas vezes, está acompanhada do não cumprimento das normas de segurança do trabalho, da legislação de saúde vigente ou ineficiente, informação deficiente ou inexistente sobre os riscos inerentes ao agente tóxico, supervisão inadequada, processos de trabalho e tecnologias ultrapassadas e ausência ou uso indevido de equipamentos de proteção.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, estima-se

que no mundo, cerca de 1% dos trabalhadores estão expostos ocupacionalmente ao benzeno à concentrações acima de 10 ppm; 4% na faixa compreendida entre 1 e 5 ppm e 95% expostos a níveis não superiores a 1 ppm (Pezzagno, 1995).

No Brasil, devido a uma falta de uniformidade de informações, conscientização e ações por parte dos órgãos competentes, além da dificuldade de se relacionar setores como os artesãos e indústrias pequenas (legais ou não), os dados estatísticos disponíveis, retratam muito superficialmente, o impacto na saúde dos trabalhadores decorrente da exposição ao benzeno nos ambientes de trabalho.

Segundo a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO (1995), um levantamento realizado em 1993, estimou que na indústria brasileira, mais de 35 mil trabalhadores estavam em contato direto com o benzeno e, detectou que cerca de 3000 pessoas tinham sido afastadas do trabalho devido à exposição a este produto.

A gravidade da exposição ao benzeno tem sido motivo de desentendimento entre trabalhadores, sindicatos e empregadores, ocorrendo, no Brasil, as primeiras denúncias sobre os males à saúde dos trabalhadores, que atuavam nas coqueiras e nos processos carboquímicos, durante os anos 70 (Greenhalgh, 1997).

Salgado e Pezzagno (1991) relatam que em torno de 7% da produção total do benzeno é perdida para o ambiente durante o processo de fabricação, armazenamento, transporte e uso. Esta perda é devida, muitas vezes, aos vazamentos, derramamentos, emanações através de juntas, válvulas, selos de bombas, manutenção dos equipamentos e tubulações.

Estudos realizados por Costa (2001) envolvendo trabalhadores expostos a gasolina com cerca de 2,0 a 2,7% de benzeno, revelaram concentrações na faixa de 80 a 900ppm (430ppm) e 40 a 700ppm (310ppm) de benzeno na zona

TABELA I
VALORES LIMITE DE BENZENO NO AR
EM AMBIENTES OCUPACIONAIS ADOTADOS POR
DIFERENTES ENTIDADES

Entidade	Limite	(ppm)	Referência
OSHA	PEL	1,0	ATSDR (1997)
ACGIH	TLV	0,5	ACGIH (1999)
NIOSH	REL	0,1	Costa (2001)
DFG	TRK	1,0	Morgan e Schaller (1999)
SSST-MTb	VRT	1,0 2,5*	Manuais de Legislação (1997)

* Indústrias Siderúrgicas; PEL: *Permissible Exposure Limits*; TLV: *Threshold Limit Values*; REL: *Recommend Exposure Limits*; TRK: *Technische Richtkonzentrationen*; VRT: Valor de Referência Tecnológico.

respiratória de mecânicos de automóveis e frentistas de postos de abastecimento automotivo, respectivamente. Esta pesquisa aponta para um cenário preocupante, primeiro, porque casos de leucemia entre mecânicos e frentistas têm sido relatados pela literatura (FUNDACENTRO, 1995) e segundo, por causa do aumento, atualmente, do número de frentistas do sexo feminino nos postos de abastecimento de combustíveis, onde, segundo a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR (1997)*, mulheres expostas a concentrações elevadas de benzeno por vários meses evidenciaram períodos de menstruação irregular e a diminuição no tamanho de seus ovários.

Com o intuito de diminuir a exposição ocupacional ao benzeno, alguns órgãos competentes no campo da Saúde Pública, como a *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, a *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, e a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* propuseram limites, enquanto, a Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho - Ministério do Trabalho (SSST-MTb), no Brasil, e a fundação de pesquisa alemã *Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)* estabeleceram o Valor de Referência Tecnológico (VRT) e *Technische Richtkonzentrationen (TRK)*, respectivamente, como mostra a Tabela I.

Ambiente Não-ocupacional

Atualmente, mesmo longe dos centros de produção e uso, a população está sujeita a diversos graus de exposição aos poluentes químicos, parecendo impossível encontrar algum lugar onde eles não estejam contaminando o ambiente e o homem. Para evidenciar este fato, os valores de benzeno no ar interior, exterior e a exposição individual relatados em alguns estudos são comparados na Tabela II.

O desenvolvimento e o crescimento dos grandes centros urbanos propiciam o aumento da emissão de poluentes químicos para a atmosfera. O ar ambiente de áreas urbanas densamente povoadas contém uma variedade de compostos orgânicos, incluindo carcinogênicos como o benzo[a]pireno e o benzeno (Costa *et al.*, 2000).

A presença do benzeno no ar exterior pode ser proveniente da fumaça do cigarro, emissões de motores automotivos, postos de abastecimento de veículos automotivos e de indústrias químicas, sendo as duas primeiras, as maiores fontes de exposição ao benzeno da população em geral.

O benzeno é um dos constituintes da gasolina (mistura de hidrocarbonetos parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos), na faixa de 1 a 5%, dependendo da qualidade a que se destina e do país de origem. Tem sido empregado como antidetonante, em substituição ao chumbo tetraetil.

TABELA II
CONCENTRAÇÃO DE BENZENO NO AR (PPB) REPORTADO
POR ALGUNS ESTUDOS

Local	Exposição individual	Ar interior	Ar exterior
Residências - Califórnia ¹	-	1,20	0,36
Residências * - Coréia ²	-	6,00 (4 - 17)	4,00 (3 - 15)
Escritórios - Rio de Janeiro ³	-	5,00 - 10,80	1,00 - 3,80
Área urbana - Reino Unido ⁴	-	-	10,00
Área rural - Reino Unido ⁴	-	-	0,16 - 0,50
Fumante (Itália) ⁵	35,09	-	-
Fumante passivo (Itália) ⁵	28,55	-	-
não-Fumante (Itália) ⁵	21,90	-	-

* Residências perto de postos de abastecimento automotivo

Fonte: 1: Wallace (1996); 2: Jo e Moon (1999); 3: Costa (2001); 4: Larsen e Larsen (1998); 5: Gilli *et al.* (1996)

No Brasil, o Regulamento Técnico da Agência Nacional do Petróleo (ANP) Nº 06/99 (Portaria Nº 197, 28-12-1999) estabeleceu as especificações de qualidade de gasolinas automotivas, conforme mostra a Tabela III, que realça apenas os limites para álcool etílico anidro e benzeno na composição da mesma.

Jo e Moon (1999) comentam que a emissão de gases provenientes da evaporação da gasolina e principalmente da exaustão de veículos automotivos é uma das fontes que mais têm contribuído (aproximadamente 80%) para os altos níveis de benzeno encontrados em áreas metropolitanas.

Nos grandes centros urbanos (Tabela II) têm sido encontrados níveis de benzeno no ar em torno de 10 ppb (ao longo de ruas de intenso tráfego de veículos), e nas áreas rurais, têm sido relatados valores entre 0,16 a 0,50 ppb (Larsen e Larsen, 1998). Em um estudo realizado na Suécia, foram en-

contrados níveis de benzeno no ar exterior, durante o inverno, duas vezes maiores, em comparação com os valores avaliados durante o verão (Larsen e Larsen, 1998).

O benzeno presente nos ambientes fechados, aclimatados artificialmente, tem como possíveis fontes: o ar exterior (indústrias e motores a gasolina), emissões de materiais (colas, ceras para móveis, solventes e detergentes) e as oriundas de hábitos e atividades do homem (fumaça do cigarro e pintura).

A poluição do ar de interiores vem acompanhando a evolução tecnológica, com a construção de edifícios artificialmente climatizados. A diminuição da taxa de renovação do ar interior e a falta de uma política preventiva nos programas de manutenção dos sistemas de ar condicionado, fizeram com que os poluentes presentes no ar interior se constituíssem numa ameaça à saúde daqueles que passam várias horas por dia confinados nestes ambientes.

Vale ressaltar, também, que a probabilidade de co-exposição a outras substâncias presentes no ar interior de ambientes fechados, pode possibilitar diferentes interações entre elas e conseqüentemente, variados efeitos tóxicos (independente, aditivo, sinérgico, potencializado e antagônico) ao organismo.

Vários estudos têm comprovado a relação entre a qualidade do ar de interiores e a incidência de relatos de queixas freqüentemente observados entre os trabalhadores desses ambientes quando comparados com situações laborais semelhantes, mas em ambientes com ventilação natural (Brickus *et al.*, 2001; Costa e Brickus, 2000).

Com o intuito de avaliar a qualidade do ar de interiores, Wallace (1996), mostrou que os níveis de benzeno foram em média 3,3 vezes maiores no ar interior de casas residenciais do que no ar exterior, e, naquelas, localizadas nas proximidades de postos de abastecimento automotivo, esta relação foi de 1,5 (Jo e Moon, 1999), como mostra a Tabela II.

Costa (2001) relata que os valores da concentração do benzeno variaram entre 3,4 e 33,3ppb em um estudo realizado em escritórios, aclimatados artificialmente, no Rio de Janeiro e para o ar externo, entre 1,0 e 12,4ppb (Tabela II).

Holcomb (1993) evidencia em seu trabalho que os problemas provocados pela fumaça de cigarro nos ambientes fechados, entre outros males à saú-

de, são as irritações das mucosas dos olhos, nariz e garganta, devido a presença de mais de 4 mil substâncias, sendo 50 de las potencialmente carcinogênicas, como o benzeno.

Um outro estudo, sobre o hábito de fumar, relata que os níveis de benzeno alcançaram a média de 3,4ppb no ar interior de casas residenciais americanas de fumantes e de 2,2ppb entre as moradias de não-fumantes (Crump, 1995).

Cerca de 40% da exposição diária ao benzeno da população não fumante pode ser atribuída ao ar exterior, enquanto os 60% restantes seriam devidos a atividades pessoais em ambientes fechados, incluindo a presença da fumaça do cigarro, a qual representaria 50% da exposição (Harrison, 1998).

A fumaça de cigarro é, portanto, uma das principais fontes não-ocupacionais de benzeno em ambientes fechados, expondo os fumantes a concentrações médias de 55µg de benzeno por cigarro (Larsen e Larsen, 1998). Os pesquisadores Gilli *et al.* (1996) evidenciaram, através de uma pesquisa com estudantes, que a exposição ao benzeno foi proporcional à intensidade de exposição a fumaça do tabaco (Tabela II).

Em um trabalho de pesquisa conduzido no ar interior de veículos automotivos, os níveis de benzeno alcançaram valores médios de 12,5ppb, sendo, portanto, também apontado como responsável por uma parcela da exposição diária não ocupacional (Larsen e Larsen, 1998).

A ingestão por via oral de benzeno presente em alimentos e água potável, não contribui significativamente para a exposição individual, apesar da possibilidade de ingestão média diária, estimada, em torno de 250µg de benzeno (Salgado e Pezzagno, 1991). De acordo com a US EPA, a água potável deve ter um valor máximo de 5µg/l de benzeno (ATSDR, 1997).

A literatura internacional menciona que embora ainda existam controvérsias sobre que valor limite adotar na ex-

TABELA III
ESPECIFICAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS
DA GASOLINA (ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO E BENZENO)
PRODUZIDA NO BRASIL

Característica	AEAC %v/v	Benzeno %v/v (máximo)
Gasolina Comum Tipo A	zero	2,7
Gasolina Comum Tipo C	24 ± 1	2,0
Gasolina Premium Tipo A	zero	2,7
Gasolina Premium Tipo A	24 ± 1	2,0

AEAC: Álcool Etílico Anidro Combustível

Fonte: ANP Portaria 197/Regulamento Técnico 06/99 (1999)

posição ocupacional ao benzeno, já se questiona a necessidade de uma proposta de valor limite (de referência) em ambientes não ocupacionais (Dor *et al.*, 1999; Ong *et al.*, 1995).

Por ser o benzeno seguramente um fator de risco a saúde, várias propostas por parte de entidades e organizações científicas internacionais e nacionais vem surgindo no sentido de promover revisões dos limites ambientais (não-ocupacionais) adotados.

A UK Expert Panel on Air Quality Standards (EPAQS, 1994) recomenda como valor limite em ambientes fechados, a concentração limite de 16,2µg/m³ (5ppb) e que no futuro este valor deve ser reduzido para 1ppb.

A Organização Mundial de Saúde propõe que se reduza progressivamente, a partir do ano 2003, as emissões de benzeno, de modo que no ar ambiente, o valor limite de 3ppb seja alcançado até o ano de 2010 (ENDS Report, 1998).

Considerações Finais

A potencial carcinogenicidade do benzeno para o homem, classificado no grupo A1 pela International Agency for Research of Cancer -IARC (WHO, 1996), aponta para o fato de que não apenas os trabalhadores expostos ocupacionalmente, mas também, a população em geral estão sujeitos aos riscos da exposição a este agente químico.

Além disso, é inerente ao efeito de substâncias carcinogênicas, como o benzeno, o

aparecimento dos primeiros sintomas e sinais decorrentes da exposição ao agente tóxico, ocorrer vários anos após o afastamento da fonte de exposição. Isto tem merecido, por parte das instituições de saúde pública cada vez mais atenção, no sentido de se estabelecer medidas de controle de riscos, como por exemplo, a avaliação ambiental e a biológica, tanto na população exposta ocupacionalmente como na não-exposta.

REFERÊNCIAS

- ABIQUIM (1999) *Anuário da Indústria Química Brasileira*. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo. 250 pp.
- ACGIH (1999) TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 185 pp.
- ANP (1999) *Regulamento Técnico nº 06/99. Portaria Nº 197*. Agência Nacional do Petróleo. Brasil. 26 pp.
- ATSDR (1997) *Benzene CAS# 71-43-2*. Tox FAQs. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 10 pp.
- Brickus LSR, Costa MFB, Moreira JC (2001) A qualidade do ar de interiores e a saúde pública. *Revista Brasileira de Toxicologia* 14: 29-35.
- Costa MFB (2001) *Estudo da aplicabilidade do ácido trans-trans-mucônico urinário como indicador biológico de exposição ao benzeno*. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 124 pp.
- Costa MFB, Brickus LSR (2000) The effect of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with sick buildings in Brazilian commercial establishments. *Arch. Environ. Health* 55: 279-283.
- Costa MAF, Costa MFB, Melo NSFO (2000) *Biossegurança: ambientes hospitalares e odontológicos*. Editora Santos. São Paulo. 131 pp.
- Crump DR (1995) Volatile organic compounds in indoor air. Em Hester RE, Harrison RM (Eds.) *Volatile organic compound in the atmosphere*. The Royal Society of Chemistry. UK. pp. 109-124.
- Dor F, Dab W, Empereur-Bissonnet P, Zmirou D (1999) Validity of biomarkers in environmental health studies: the case of pahs and benzene. *Critical Rev. Toxicol.* 29: 129-168.
- ENDS (1998) EC Policy. *ENDS Report* 287: 42.
- EPAQS (1994) *Benzene*. Expert Panel on Air Quality Standards Department of the Environment. London. 8 pp.
- Feo OI, Martínez MC (1993) Câncer ocupacional: epidemiologia y prevención. *Salud de los Trabajadores* 1: 109-119.
- Fiserova-Bergerova V (1993) Relevance of occupational skin exposure. *Ann. Occup. Hygiene* 37: 673-685.
- FUNDACENTRO (1995) *Benzeno*. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho FUNDACENTRO/MTb. São Paulo. 86 pp.
- Gilli G, Scursatone E, Bono R (1996) Geographical distribution of benzene in air in northwestern Italy and personal exposure. *Environ. Health Perspectives* 104: 1137-1140.
- Greenhalgh L (1997) Siderurgia provoca doença. *Jornal do Brasil*. Brasil. 3 de agosto. p. 14.
- Harrison PTC (1998) Health effects of indoor air pollutants. Em Hester RE, Harrison RM (Eds.) *Issues in environmental science and technology*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. pp. 101-126.
- Holcomb LC (1993) Indoor air quality and environmental tobacco smoke: concentration and exposure. *Environment Internat.* 19: 9-40.
- Jo W, Moon K (1999) Housewife's exposure to volatile organic compounds relative to proximity to roadside service stations. *Atmospheric Environment* 33: 2921-2928.
- Kitamura S (1995) Câncer ocupacional. *Brasília Médica* 41: 41-46.
- Larsen JC, Larsen PB (1998) Chemical carcinogens. Em Hester RE, Harrison RM (Eds.) *Air Pollution and Health*. The Royal Society of Chemistry. UK. pp. 33-56.
- Manuais de Legislação (1997) *Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho*. Editora Atlas. São Paulo. 542 pp.
- Morgan MS, Schaller KH (1999) An Analysis of Criteria for Biological Limit Values Developed in Germany and in the United States. *Internat. Arch. Occup. Environ. Health* 72: 195-204.
- Ong CN, Kok PW, Lee BL, Shi CY, Ong HY, Chia KS, Lee CS, Luo XW (1995) Evaluation of biomarkers for occupational exposure to benzene. *Occup. Environ. Medicine* 52: 528-533.
- Pezzagno G (1995) Monitoraggio biológico delle popolazioni esposte a benzene. Em Minoia C, Apostoli P, Bartolucci GB (Eds.) *II Benzene: tossicologia, ambienti di vita e di lavoro*. Morgan Edizioni Tecniche. Milano. pp. 125-145.
- Rozen G (1994) *Uma história da saúde pública*. Editora Abrasco. São Paulo. 423 pp.
- Salgado PET, Pezzagno G (1991) Indicadores biológicos de exposição ao benzeno. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* 19: 25-31.
- Wallace LA (1996) Environmental exposure to benzene: an update. *Environ. Health Perspectives* 104: 1129-1136.
- WHO (1996) *Occupational Health for all Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace*. World Health Organization. Geneva. 292 pp.