

POLUIÇÃO QUÍMICA RELACIONADA AO AR DE INTERIORES NO BRASIL

Adriana Gioda

Departamento de Química, Universidade da Região de Joinville, Joinville - SC

Francisco Radler de Aquino Neto*

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Bloco A, Ilha do Fundão, 21949-900 Rio de Janeiro - RJ

Recebido em 23/4/02; aceito em 4/9/02

Revisão

CHEMICAL POLLUTION RELATED TO THE INDOOR AIR IN BRAZIL. During the last two decades there has been increasing concern within the scientific community related to the effects of indoor air quality on health. Changes in building design devised to improve energy efficiency and new synthetic building materials have contributed to increase pollutant concentrations. These factors have generated poor air quality and caused the development of a lot of symptoms known as Sick Building Syndrome (SBS). In Brazil, there are few studies in this area, collected in this review to support researches and awareness of the need to adopt preventive measures to reach a better quality for the Indoor Environment.

Keywords: indoor air quality; VOCs; indoor environment.

INTRODUÇÃO

A Qualidade do Ar de Interiores (QAI) é uma ciência nova surgida na década de 70, quando houve escassez de energia nos países desenvolvidos. Como maneira de racionalizar a energia, surgiram os edifícios selados. Esses ambientes, devido à baixa troca de ar interno/externo, somada a diversos produtos como forração, acabamento e mobiliário que contém vários tipos de substâncias químicas, passaram a ter elevados níveis de poluentes. Esse fato gerou um aumento significativo no número de queixas relacionados com a qualidade do ar em ambientes fechados, principalmente em países localizados em clima frio. Os sintomas relacionados à qualidade do ar passaram a ser mais estudados e, atualmente, são conhecidos como Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), a qual é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) desde o início da década de 80¹.

De acordo com a OMS¹, os sintomas mais comuns de SED são irritação e obstrução nasal, desidratação e irritação da pele, irritação e secura na garganta e nas membranas dos olhos, dor de cabeça, letargia e cansaço generalizado levando à perda de concentração. Podem ser percebidos um ou mais sintomas, que geralmente desaparecem quando a pessoa permanece por um tempo longo fora desse ambiente.

São inúmeras as fontes de poluentes em ambientes internos, além das atividades ocupacionais do próprio homem. Dentre os contami-

nantes usualmente monitorados estão o dióxido de carbono (CO₂), o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis totais e especiados (COVsT e COV), os compostos orgânicos semi-voláteis (COSVs), matéria particulada, nicotina e microorganismos². A Tabela 1 mostra as fontes mais comuns desses compostos.

No Brasil são poucos os registros relacionando QAI e SED⁴. O fato do Brasil ter um clima subtropical não torna necessário o uso constante de sistemas de refrigeração e, menos ainda, de calefação. Devido a isso, muito pouco tem sido estudado nessa área. Porém, há uma tendência em construir prédios selados devido a vários fatores como estética, climatização e menor ruído, com isso, faz-se necessário um sistema de ar condicionado central. É possível que essa nova tendência acarretará em um aumento do número de casos de SED no país.

O governo está ficando alerta ao fato e, visando minimizar os efeitos à saúde, o Ministério da Saúde⁵ publicou a Portaria 3523 de 28 de agosto de 1998, contendo Regulamento Técnico que visa “promover o estabelecimento de medidas referentes à limpeza dos sistemas de climatização e medidas específicas de padrões da qualidade do ar identificando poluentes de natureza física, química e biológica com suas respectivas fontes, visando a prevenção de riscos à saúde dos ocupantes desses ambientes”. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, em decorrência da Portaria 3523, publicou a Resolução

Tabela 1. Fontes típicas de poluição do ar em ambientes internos^{2,3}

Poluente	Maior fonte de emissão
Dióxido de carbono	atividade metabólica, atividades de combustão, veículos motores em garagem
Monóxido de carbono	queima de combustível fóssil, aquecedores a gás ou querosene, fogão, fumaça de cigarro
Formaldeído	materiais de construção e mobiliário
COVs	adesivos, solventes, materiais de construção, volatilização, combustão, pintura, fumaça de cigarro; atividades de limpeza; fotocopiadoras, impressoras a laser
Partículas	re-suspensão, fumaça de cigarro, produtos de combustão, atividades de limpeza

*e-mail: radler@iq.ufrj.br

176 de 24 de outubro de 2000⁶ (ANVISA, 2000; atualmente em revisão) com algumas orientações técnicas sobre “Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo”. Essa Resolução é revolucionária, pois define os parâmetros mínimos para uma boa qualidade do ar de interiores como a concentração de CO₂ e material particulado, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Parâmetros mais complexos como COVs e aldeídos necessitam ser melhor estudados para que sua influência sobre os ocupantes possa ser quantificada e padrões estabelecidos.

Aquino Neto e Brickus⁷ sugeriram valores máximos para contaminantes presentes em ar de ambientes internos. Esses valores foram baseados em recomendações de organismos internacionais e nacionais adaptados à realidade brasileira. Nesse aspecto, características climáticas, sócio-econômicas, estruturais e geográficas do Brasil foram consideradas, bem como a matriz energética do país, nossa arquitetura, decoração e costumes.

Regulamentações de saúde ocupacional relativa às atividades industriais continuam a ser uma atividade do Ministério do Trabalho⁸, através do Decreto-Lei 5452 de 1943 estabelecidas na NR-15. Esse tem baseado suas regulamentações nos valores de limite de tolerância publicados pela ACGIH (USA). Os limites de exposição em mg/m³ são baseados em 48 h/semana no Brasil e 40 h/semana nos EUA. O modo como a NR-15 foi estabelecida gera alguns questionamentos sobre sua abrangência. Primeiro, com relação à equivalência de muitos padrões. O Brasil permite altas exposições a certas substâncias através de padrões permissíveis ou completa ausência de padrões. Esses padrões embora sigam a ACGIH, não são atualizados como a mesma. Com exceção do benzeno, os demais permanecem com os mesmos valores desde a criação da norma. Além disso, vários compostos carcinogênicos não são regulamentados no Brasil. Como a maioria dos compostos não foram submetidos a todos os testes de toxicidade necessários é possível que, tanto no setor industrial quanto em ambientes interiores, estejamos expostos a uma carga mais elevada de poluentes do que seria recomendável⁴.

Os parâmetros não definidos pela Resolução 176⁶, seguem outros padrões nacionais como o CONAMA⁹ ou padrões internacionais como NIOSH¹⁰, USEPA¹¹, OSHA¹² e WHO¹³, esses apenas com fins comparativos.

POLUIÇÃO QUÍMICA NO AR DE INTERIORES NO BRASIL

Os trabalhos pioneiros no Brasil foram iniciados em 1992, através de uma colaboração entre o Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e o Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos (LAGA) do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (o qual encerrou suas atividades em 1995). Em 1997, o laboratório de toxicologia localizado no CESTEH-ENSP-FIOCRUZ/RJ criou um programa da qualidade do ar de interiores que continua operando até o momento.

No ano de 1995, embora com poucos profissionais trabalhando nessa área, foi criada a Sociedade Brasileira de Meio Ambiente e Controle da Qualidade do Ar de Interiores – BRASINDOOR (www.brasindoor.com.br). Esta sociedade tem sido responsável pela divulgação (através de congressos, cursos, publicações, etc.) da maioria dos trabalhos realizados no Brasil referentes à QAI.

O presente trabalho pretende fazer um levantamento para avaliar a situação atual do Brasil frente a esse problema.

Uma das primeiras pesquisas realizadas no Brasil foi em 1990¹⁴ onde os níveis de carbonila foram registrados em 3 locais em Salvador, Bahia. Nesse estudo foi enfocada a relação entre os níveis de acetaldeído e o uso de etanol como combustível. Também foram es-

tudados os níveis de aldeídos e carbono total no Museu de Arte Contemporânea de São Paulo. Nesses estudos a relação I/E sugeria importantes fontes internas desses poluentes^{15,16}.

Outros trabalhos apresentados por Miguel *et al.*¹⁷⁻¹⁹ e Allen *et al.*²⁰ avaliaram ambientes de escritórios, hotéis e restaurantes nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Campinas. A pesquisa detectou níveis de vários poluentes acima ou próximo aos limites fixados pelas recomendações internacionais. Foram medidos os níveis de poluentes em material particulado e na fase gasosa, simultaneamente. Partículas suspensas respiráveis (PST) e carbono total respirável (CTR) apresentaram maiores concentrações internas (I) que externas (E). A relação das concentrações I/E sugere que cloreto, nitrato e potássio associados a aerossol são fontes poluidoras de ambientes internos. As medidas de CTR sugerem também fontes internas de poluição, bem como, a formação *in situ* de ácido nitroso. As concentrações de ácido acético e ácido fórmico foram muito mais elevadas em vários ambientes internos. Deposição a seco foi observada em ambientes internos para ácido clorídrico, ácido nítrico e dióxido de enxofre. Nesses mesmos locais Santos e colaboradores²¹ avaliaram COVs. Em todos os locais estudados o nível de muitos poluentes foi maior no ar interno que no ar externo, sugerindo fontes internas de poluição.

Em dezembro de 1997, Silva e colaboradores²² realizaram amostragens de compostos orgânicos voláteis e semivoláteis durante a preparação de almoço utilizando lenha como combustível. A cozinha amostrada estava localizada no município de Carandaí, MG, em zona rural. As amostragens foram realizadas em três etapas: antes, durante e após cozinhar. Também foram realizadas amostragens externas. No ar externo foram detectados primariamente terpenos e a concentração de COVsT foi de 13,8 µg/m³. Na amostragem antes de iniciar qualquer atividade foram observados níveis baixos de COVs. Na segunda etapa, durante a preparação do almoço, foi observada maior concentração de COVsT. Na terceira etapa observou-se um decréscimo nos níveis de COVs. Com esses dados foi possível observar que o ato de cozinhar eleva os níveis de COVs. Outro trabalho avaliou o nível de exposição a NO₂ em cozinhas que utilizam GLP. Ugucione e colaboradores²³ encontraram uma concentração 30 vezes maior desse poluente quando o GLP está sendo queimado.

Oliveira e colaboradores^{24,25} realizaram amostragens do ar no interior e exterior do Museu Nacional de Belas Artes, no centro do Rio de Janeiro. Os resultados analíticos da concentração de acetaldeído no ar variaram de 11,6 a 39,7 µg/m³ enquanto que as concentrações dos COVsT variaram de 91 a 3970 µg/m³. Os dados mostraram que as fontes de todos os compostos eram externas ao edifício.

Leite e colaboradores²⁶ avaliaram BTX em vários locais no Rio de Janeiro. A concentração média de BTX encontrada para escritório foi de 24,4 µg/m³ para benzeno, 200,3 µg/m³ para tolueno e 40,4 µg/m³ para xilenos. Para o ar urbano a concentração foi de 8,5 µg/m³ para benzeno, 37,6 µg/m³ para tolueno e 11,9 µg/m³ para xilenos. Em locais industriais os valores encontrados foram de 3,9 mg/m³ para benzeno, 51,1 mg/m³ para tolueno e 496,3 mg/m³ para xilenos. Os valores de BTX medidos no escritório e ar urbano mostram que as pessoas podem estar expostas a concentrações de BTX prejudiciais à saúde.

Brickus e Moreira²⁷ avaliaram a qualidade do ar em uma pista semi-aberta de kart. A pista amostrada está localizada na cidade do Rio de Janeiro em uma área arborizada, distante do tráfego. As amostragens foram realizadas em duas etapas, antes e durante as atividades. Os resultados mostraram antes de iniciar as atividades, níveis de COVsT de 11,4 µg/m³ no ar interno, 19,6 µg/m³ no ar externo e BTX de 6,1 µg/m³ no ar interno e 7,4 µg/m³ no ar externo. As amostragens durante as atividades indicaram valores de 111,1 µg/m³

para COVsT e 22,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para BTX no ar interno, um aumento considerável de COVsT durante a corrida.

Em agosto de 1996, Brickus e colaboradores²⁸ fizeram amostragens de COVsT, nicotina, MPI, e aldeídos no ar interno e externo em um edifício no centro do Rio de Janeiro, cujos ocupantes fizeram reclamações da QAI. Os resultados mostraram que os teores dos poluentes amostrados foram mais elevados no ambiente interno que no externo. Os COVsT apresentaram índices preocupantes, 1000-5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bem acima da recomendação internacional (300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁹. Após adotar medidas remediativas nova amostragem foi realizada³⁰ em agosto de 1998. Os resultados obtidos nessa segunda amostragem mostram uma melhora significativa na qualidade do ar do prédio referente, principalmente, aos COVsT.

Brickus e colaboradores³¹ avaliaram a QAI em um edifício de escritórios no Rio de Janeiro. Os pontos de amostragem compreenderam três escritórios localizados na mesma coluna vertical do prédio (1º, 13º e 25º andares). Foram analisados COVsT, MPT, aldeídos, nicotina e partículas inaláveis em suspensão. As concentrações de acetaldeído foram maiores que as de formaldeído. As concentrações de COVsT estavam na faixa de 304,3 a 1679,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o ar interno e 22 a 643,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o externo. A relação I/E para COVsT foi maior que 1, o que indica que os COVs encontrados no ar interno são originados principalmente de fontes internas ou há mecanismos de concentração. Nesse mesmo prédio foi avaliado de forma diferenciada um escritório (9º andar) que estava sendo reformado³²⁻³⁴. Durante a renovação (dezembro de 1995) as concentrações de COVsT estavam na faixa de 688,8-1.089,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o ar interno e 215,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o ar externo, enquanto que formaldeído apresentou uma concentração de 92,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e acetaldeído de 4,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante a ocupação do escritório (fevereiro de 1996) os níveis internos ficaram entre 545,4-625,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 132,8-188,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para os externos. Porém, as concentrações de formaldeído (114,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e acetaldeído (11,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aumentaram. Concentrações de COVsT estiveram na faixa de 446,2-638,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, formaldeído de 63,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, acetaldeído de 37,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, um mês após a ocupação. A última avaliação realizada, após 6 meses, mostrou uma concentração em torno de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para COVsT, 74,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para formaldeído e 23,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para acetaldeído. Concentrações internas de BTX foram medidas na primeira avaliação e 6 meses mais tarde. Os resultados mostram também uma redução desses compostos.

Pires e Carvalho³⁵ estudaram a presença de compostos carbonílicos de baixo peso molecular (C1-C4) e glutaraldeído em 14 locais amostrados (laboratório, museu, hospital, escritório, residência, escola) em São Paulo, em julho de 1997. Formaldeído foi a espécie mais abundante (29 ppb), seguido por acetona e acetaldeído (25 e 17 ppb), com uma pequena contribuição de propanal, crotonaldeído e isômeros C4 (0,7 a 1,5 ppb).

Pereira e colaboradores³⁶ propuseram uma nova metodologia para análise de aldeídos em ambientes internos e externos. Para testar essa metodologia foram utilizados alguns locais dentro da própria instituição. Os valores encontrados variaram entre 23,0-84,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Foram observados valores relativamente altos para os laboratórios.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos na própria FIOCRUZ quando implantados os estudos de QAI. Nessa oportunidade foram avaliados vários ambientes na própria instituição como creche, biblioteca e salas³⁷⁻³⁹.

No I Congresso Internacional de Qualidade do Ar de Interiores realizados pela BRASINDOOR no Rio de Janeiro, em março de 2001, foram apresentados os mais recentes trabalhos na área de QAI no Brasil, que serão publicados na Revista BRASINDOOR.

O trabalho realizado por Carneiro e Aquino Neto⁴⁰ avaliou a qualidade do ar em uma caixa-forte de um banco comercial na cidade do Rio de Janeiro. Os parâmetros estudados foram os COVs, nicotina,

aldeídos, MPT, além de fungos e bactérias. Não foi observado nenhum local interno crítico com relação aos contaminantes individualmente, na coleta de 2000. Um fator interessante foi a presença de diclorobenzeno, provavelmente proveniente de inseticidas. Nova amostragem foi realizada em 2001⁴¹, sendo observado um aumento de COVsT (1272 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparado à coleta de 2000 (321-398 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Giuda e Aquino Neto⁴² realizaram uma avaliação química e microbiológica em uma gráfica no Rio de Janeiro, em abril de 2000. Após a investigação foi diagnosticado um elevado teor de (COVsT). Em março de 2001, após implementação de medidas remediativas foi realizada nova amostragem de contaminantes químicos na gráfica. Os índices de COVsT foram reduzidos de 40 a 80% porém, ainda, continuavam elevados, ultrapassando os limites nacionais (500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁷ e internacionais (300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁹. Os demais parâmetros apresentaram algumas alterações, mas mantiveram-se dentro dos limites toleráveis⁴³.

Almeida e colaboradores^{44,45} avaliaram a qualidade do ar de interiores em sete cidades no Estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos mostram que as concentrações de COVsT foram da ordem de 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, benzeno de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tolueno de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, xileno de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, formaldeído de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e MPT de 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos pontos mais críticos. Esses resultados demonstram um preocupante índice de poluentes em residências.

Costa e Moreira⁴⁶ avaliaram a exposição ao benzeno decorrente do hábito de fumar, em trabalhadores de escritórios administrativos, climatizados artificialmente na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados mostraram que a exposição individual ao benzeno entre os trabalhadores fumantes (25,3 ppb) e os não fumantes (13,0 ppb) apresentou diferença significativa. A contribuição de benzeno no ar interno foi menor (8,4 ppb) que aquela observada na área de respiração dos trabalhadores.

Silveira e colaboradores⁴⁷ avaliaram alguns parâmetros da qualidade do ar no interior de um Terminal Aeroportuário na Cidade do Rio de Janeiro, no verão e no inverno, em diferentes períodos. Os resultados encontrados variaram entre 16,2-283,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para MPT e 51-1878 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para COVsT.

Bortolli e Pires⁴⁸ desenvolveram uma nova metodologia para análise de formaldeído e aplicaram a ambientes internos não industriais em Porto Alegre. Os resultados obtidos indicaram concentrações variando entre 10 e 740 ppb. A concentração média no ar externo (10 ppb) foi inferior ao ar interno, indicando fontes internas de poluição.

Matts e colaboradores⁴⁹ avaliaram a exposição ao chumbo em trabalhadores de 4 fábricas reformadoras de baterias no Rio de Janeiro. Os resultados do monitoramento ambiental realizado nas fábricas e reformadoras indicam altos níveis de exposição (0,068 a 0,802 mg/m^3) com concentração média de 0,302 mg/m^3 , acima do limite de exposição ambiental (0,1 mg/m^3)⁴⁹.

Parreira e colaboradores⁵⁰ monitoraram acetona e sete aldeídos no ar externo e interno de uma unidade de monitoramento da qualidade do ar de uma sala climatizada do CETEC. Os resultados indicaram pouca influência do ar externo sobre o ar interno.

A Tabela 2 mostra como ainda são poucos os trabalhos publicados ou apresentados em congressos científicos referentes à QAI no Brasil, sendo estes originários basicamente do Rio de Janeiro, seguido por São Paulo.

Os valores encontrados nas pesquisas realizadas mostram dados preocupantes pois, a maioria dos poluentes apresentou uma razão I/E superior a 1, indicando a presença de fontes internas de poluição. Na Tabela 3, é possível observar com mais clareza esse fato.

Para avaliação de ambientes não industriais no Brasil, para fins legais, segue-se a Resolução 176⁶ e/ou CONAMA⁹. Em alguns casos utilizam-se os limites sugeridos pela NR-15⁸. Por não serem oficiais, os limites sugeridos por Aquino Neto e Brickus⁷, embora se-

Tabela 2. Bibliografia sobre a Qualidade do Ar de Interiores no Brasil

Local	Poluentes	Interno		Externo		Referência
		Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
1. Escritórios, restaurantes e hotéis – SP, RJ, Campinas	Nicotina	0,37	0,09-0,69	Nd	—	18, 19, 21
	UV-MPI	5,1	1,6-8,5	1,9	0,9-3,9	
	Formaldeído	20,4	6,1-60,7	10,7	4,7-27,7	
	Acetaldeído	38,3	6,1-69,1	33,8	9,3-178,0	
	COVsT		6,88-568,0		6,38-138,11	
	MPI	95,1	33,0-408,0	66,9	32,6-145,0	
2. Escritórios, restaurantes e hotéis – SP, RJ, Campinas	MPT	75,6	NI	53,3	NI	17, 20
	CRT	55,1	NI	27,7	NI	
	Cálcio	0,82	0,18-3,0	0,95	0,18-2,7	
	Sulfato	0,30	0,18-4,5	0,49	0,3-4,9	
	Nitrato	0,28	0,05-3,7	0,79	0,19-2,8	
	Acetato	0,19	0,06-0,27	0,11	0,03-0,29	
	Potássio	0,11	0,05-1,98	0,08	0,06-0,51	
	Cloreto	0,10	0,03-1,34	0,06	0,01-0,13	
	Sódio	0,09	0,05-0,32	0,11	0,03-0,26	
	Magnésio	0,06	0,02-0,24	0,08	0,02-0,24	
	Formiato	0,03	0-0,013	0,04	0-0,12	
	Amônio	0,03	0,01-1,28	0,06	0,02-1,44	
	Oxalato	0,02	0,01-0,036	0,04	0,02-0,42	
Piruvato	0	0	0	0		
Nitrito	0	0	0	0		
3. Cozinha – MG	COVsT			13,8		22
	Benzeno	8,6				
	Hexano	20,6				
	Nonanal	7,0				
4. Museu Nacional de Belas Artes – RJ	Acetaldeído		11,6-39,7			24, 25
	COVsT		91,0-3970,0			
5. Escritório – RJ	Benzeno	24,4	6,4-54,8	8,5	2,0-10,3	26
	Tolueno	200,3	62,1-381,4	37,6	4,3-129,0	
	Xileno	40,4	2,9-72,4	11,9	1,8-28,1	
6. Local industrial	Benzeno (mg/m^3)	3,9	0,07-10,7			26
	Tolueno (mg/m^3)	51,1	0,04-201,2			
	Xileno (mg/m^3)	496,3	284,3-1.117,0			
7. Pista de kart – RJ	COVsT		11,4-111,1	19,6		27
	BTX		7,4-22,1	6,1		
8. Prédio Centro – RJ	Nicotina	1,7	0,3-4,3	ND	ND	28
	Formaldeído	33,2	5,0-48,9	7,1	0,3-30,3	
	Acetaldeído	44,1	5,8-59,3	10,9	0,8-49,8	
	COVsT	1.052	591,0-2.306,0	80,0	57,0-113,0	
	MPI	32,5	14,5-43,7	23,9	19,6-30,3	
9. Prédio Centro RJ – reavaliação	Nicotina	1,05	0,6-1,6	0,06	ND-0,3	30
	Formaldeído	41,2	18,1-74,4	14,4	9,3-18,6	
	Acetaldeído	27,0	17,7-33,6	17,3	8,6-22,7	
	COVsT	156,8	115,8-248,4	28,1	14,3-60,1	
	MPT	30,7	5,7-90,5	24,9	7,6-37,1	
10. Edifício de escritórios – RJ	Nicotina	0,7	0,4-1,7	ND	ND	31
	UV-MPI	8,0	5,2-13,5	4,2	ND-7,1	
	Formaldeído	40,0	12,2-99,7	14,5	7,1-21,0	
	Acetaldeído	20,5	2,4-35,9	17,0	8,8-27,8	
	COVsT	803,2	304,2-1.680	216,5	22,2-643,2	
	MPT	70,5	42,7-91,8	81,2	40,0-151,0	
	Benzeno	24,9	11,6-34,5	9,2	3,3-12,2	
	Tolueno	208,0	102,0-320,5	38,4	8,9-60,2	
	Xileno	40,0	24,4-60,6	14,3	3,7-19,9	

Tabela 2. (continuação)

Local	Poluentes	Interno		Externo		Referência
		Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
11. Escritório reformado - RJ	Formaldeídos	86,2	60,1-121,6	13,9	0,6-18,6	32, 33, 31, 34
	Acetaldeídos	25,3	2,35-48,5	15,6	17,0-22,6	
	COVsT	586,1	300,1-1089,0	134,8	0-215,9	
	MPT	28,7	42,7-91,7	32,8	39,9-151,0	
	MPI	NI	27,4-59,5	NI	NI	
12. Escritórios, laboratório, museu, escola, hospital, biblioteca e residência - SP			Máx		Máx	35
	Formaldeído	29,0	188,0	9,0	23,0	
	Acetaldeído	17,0	68,0	10,0	31,0	
	Acetona	25,0	85,0	—	48,0	
	Propanal	1,5	5,2	1,6	4,9	
	Crotonaldeído	0,7	2,0	0,5	1,7	
	C4-isômeros	1,4	3,2	1,5	4,4	
	Glutaraldeído	79,0	121			
Carbonílicos Totais	48		18,0			
13. Laboratório, biblioteca, hall - Araraquara, SP	Formaldeído	54,6	23,0-91,8			36
14. Prédio com limpeza de dutos - RJ	BTX	33,6	12,4-50,2	18,8		38
	COVsT	102,7	37,6-160,1	50,8		
	Formaldeído	12,4	5,2-29,6	3,8		
	Acetaldeído	23,3	12,7-33,6	13,5		
15. Prédio sem limpeza de dutos - RJ	BTX	18,8	5,4-35,4	1,3		38
	COVsT	240,8	105,0-633,3	17,3		
	Formaldeído	22,2	20,6-37,5	12,6		
	Acetaldeído	26,8	28,5-35,8	3,5		
16. Prédio INCQS - FIOCRUZ - RJ	COVsT	237,1	82,0-620,8	72,9		39
	Formaldeído	36,7	6,3-123,0	2,9		
	Acetaldeído	40,4	11,9-114,8	11,8		
17. Creche - FIOCRUZ - RJ	COVsT	48,3	35,0-70,0	50,0		39
	Formaldeído	2,2	0-6,8	3,8		
	Acetaldeído	5,1	0-15,3	20,0		
18. Castelo - FIOCRUZ - RJ	COVsT	459,6	95,0-1.050,0			39
	Formaldeído	24,3	8,4-35,9			
	Acetaldeído	17,0	8,8-21,8			
19. Biomanguinhos - FIOCRUZ - RJ	COVsT					39
	Formaldeído	607,5	15,0 65,0-1.150,0	9,4-20,7		
20. Biblioteca de Manguinhos - FIOCRUZ - RJ	MPT	94,7	35,2-150,1	22,1	0-45,2	37
	BTX	11,7	5,1-21,9	5,1	0-12,2	
	COVsT	151,6	60,7-267,8	38,7	0-73,2	
	Formaldeído	15,2	8,2-23,6	4,9	0-13,1	
	Acetaldeído	16,9	5,7-31,8	4,6	0-8,7	
21. Caixa forte de banco - RJ	COVsT	535,6	321,4-1272,5	207,9	163,2-252,7	40, 41
	Formaldeído	4,0	8,1-11,7	6,1		
	Acetaldeído	0,6	0-1,41	ND		
	MPT	31,6	18,6-44,9	25,2	17,3-33,14	
22. Gráfica - RJ	COVsT	15192,1	1962,0-46154,0	215,0	178,0-252,0	42, 43
	Formaldeído	21,3	5,7-37,2	6,7	3,6-9,8	
	Acetaldeído	15,0	1,1-34,7	7,0	1,3-12,8	
	MPT	32,5	5,3-98,0	25,2	17,3-33,1	
	Benzeno	2,5	0-13,3	2,1	0-4,3	
	Tolueno	2921,1	88,5-7810,4	79,3	66,5-92,0	
	Xilenos	18,7	0-325,0	5,2	0-10,3	

Tabela 2. (continuação)

Local	Poluentes	Interno		Externo		Referência
		Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Faixa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
23. Escritório - RJ	MPT	14,8	12,3-16,3	15,8		51
	Formaldeído	105,7	96,6-110,0	8,8		
	Acetaldeído	0,8	0-1,94	0		
	COVsT	569,5	548,1-567,4	216,3		
24. Residências - RJ	Benzeno		10,0-50,0			44, 45
	Tolueno		20,0-200,0			
	Xileno		25,0-30,0			
	COVsT		800-1000,0			
	MPT		48,2			
	Formaldeído		40,0			
25. Escritórios - RJ	Benzeno			8,4 ppb	5,7-12,5 ppb	46
	Fumantes	25,3 ppb	17,9-33,3 ppb			
	Não fumantes	13,0 ppb	3,5-21,9 ppb			
26. Aeroporto - RJ	MPT		16,3-283,1			47
	COVsT		51,0-1878,0			
27. Ambientes não industriais - RS	Formaldeído		10-740 ppb	10 ppb		48
28. Fábricas e reformadoras de baterias - RJ	Chumbo	0,302 mg/m^3	0,068 mg/m^3 - 0,802 mg/m^3			49

Abreviaturas: UV-PIS: partículas inaláveis em suspensão; COVsT: compostos orgânicos voláteis totais; PIS: partículas inaláveis em suspensão; MPT: material particulado total; BTX: benzeno, tolueno, xileno

Tabela 3. Limites sugeridos por órgãos nacionais e internacionais para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais e as concentrações médias obtidas a partir do levantamento bibliográfico da situação no Brasil

Poluente	NR-15	CONAMA	Resolução 176 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	Aquino Neto e Brickus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*	NIOSH (mg/m^3)	OSHA (mg/m^3)	Faixa de concentrações encontradas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	(mg/m^3) 48 h/sem						I	E
Acetaldeído	140	NS	NS	NS	180	360	0,6-44,1	0-33,8
Benzeno	3,19-7,97**	NS	NS	250	0,325	3,25	2,5-24,9	2,1-9,2
COVsT	NS	NS	NS	500	NS	NS	48,3-15192,1	17,3-216,3
Formaldeído	2,3	NS	NS	100	0,02	0,93	2,2-105,7	2,9-14,5
MPT	NS	80	80	80	NS	NS	14,8-94,7	15,8-81,2
Nicotina	NS	NS	NS	NS	3,37	3,37	0,3-1,7	0-0,06
Tolueno	290	NS	NS	250	375	766	208,0-2921,4	37,6-79,3
Xilenos	340	NS	NS	250	435	435	18,7-496,3	5,2-14,3

* ambientes internos; ** casos especiais; NS: não sugerido

jam coerentes, são utilizados apenas como recomendação, assim como os padrões internacionais.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que em muitos casos, principalmente para COVsT, foram ultrapassados os limites sugeridos nacionais ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$)⁷ e internacionais ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁹. Em alguns casos também formaldeído, MPT, tolueno e xilenos ultrapassaram os limites recomendados.

CONCLUSÕES

Com base nos dados expostos pode-se observar que são poucos os estudos no Brasil referentes à QAI. Os dados são preocupantes, por isso, deve ser feito um esforço no sentido de aumentar o número de pesquisas nessa área para todo o Brasil. Os dados então obtidos

poderiam ser utilizados para determinar limites compatíveis com nosso clima, economia e cultura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à CAPES (PIBIC) e à FUJB pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. WHO (World Health Organization); Report WHO Meeting, Nordlingen, 8-11 junho, 1982.
2. Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 65.
3. Jones, A. P.; *Atmos. Environ.* **1999**, *33*, 4535.
4. Gioda, A.; Aquino Neto, F. R.; *Cadernos Saúde Pública/FIOCRUZ*, no prelo.

5. Ministério da Saúde, Portaria 3523 de 28 de agosto de 1998.
6. ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução 176 de 24 de outubro de 2000.
7. Aquino Neto, F. R.; Brickus, L. S.R.; *Rev. Brasindoor* **1999**, 3, 4.
8. Lei nº 6514, 22 de dezembro de 1977, Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, 26ª ed., Editora Atlas: São Paulo, 1994.
9. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 03 de 28/06/1990.
10. NIOSH, (National Institute of Occupational and Safety Health); NIOSH pocket guide to chemical hazards, Washington DC, USA, US Gov Printing Office, 1994.
11. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency); Technical assistance document for sampling and analysis of toxic organic compounds in ambient air. [EPA-60018-90-005] Washington D. C. EPA, method TO-11, 1990.
12. OSHA; Occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories, Laboratory Standard 29 CFR 1910.1450, 1990.
13. WHO (World Health Organization); The right to health indoor air, Report WHO Meeting, Bilthoven, Netherlands, 15-17 may, 2000.
14. Grosjean, D.; Miguel, A. H.; Tavares, T. M.; *Atmos. Environ.* **1990**, *24B*, 101.
15. Pomaleski, D. R. M.; Miguel A. H.; *Resumos da 14ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Caxambú, Brasil, 1991.
16. Vasconcellos, P. C.; Miguel, A. H.; *Resumos da 16ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Caxambú, Brasil, 1993.
17. Miguel, A. H.; Allen, A. G.; Vasconcellos, P. C.; Aquino Neto, F. R.; Cardoso, J. N.; *Proc. Indoor Air* **1993**, 3, 229.
18. Miguel, A. H.; Aquino Neto, F. R.; Cardozo, J. N.; Vasconcellos, P. C.; Pereira, A. S.; Marquez, K. S. G.; *Environ. Sci. Technol.* **1995**, 29, 338.
19. Miguel, A. H.; Pedreira Filho, W. R.; Allen, A. G.; *Indoor Built Environ.* **1995**, 4, 355.
20. Allen, A. G.; Miguel, A. H.; *Atmos. Environ.* **1995**, 29, 3519.
21. Santos, C. Y. M.; Aquino Neto, F. R.; Cardoso, J. N.; *Indoor Built Environ.* **1997**, 6, 168.
22. Silva, M. A.; Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Moreira, J. C.; *Resumos da 21ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.
23. Ugucione, C.; Cardoso, A. A.; Gomes Neto, J. A.; *Resumos da 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2001.
24. Oliveira, C. J. F.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; *Resumos do VII Encontro Regional de Química/ Sociedade Brasileira de Química*, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
25. Oliveira, C. J. F.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; *Resumos da 21ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.
26. Leite, F.; Brickus, L. S. R.; Costa, M. F. B.; Moreira, J. C.; Aquino Neto, F. R.; *International Conference On Environment and Occupational Cancer in Developing Countries*, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
27. Brickus, L. S. R.; Moreira, J. C.; *Resumos da 21ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.
28. Brickus, L. S. R.; de Oliveira, C. J. F.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; *Resumos da 21ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.
29. Molhave L.; Clausen G.; *The 7th International Conference On Indoor Air Quality and Climate*, 1996.
30. Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Cardoso, J. N.; *Resumos da 22ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1999.
31. Brickus, L. S. R.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; *Environ. Sci. Technol.* **1998**, 32, 3485.
32. Brickus, L. D.; Cardoso, J. N.; Aquino Neto, F. R.; *Proc. Healthy Buildings* **1997**.
33. Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Cardoso, J. N.; *Resumos do VII Encontro Regional de Química/ Sociedade Brasileira de Química*, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
34. Aquino Neto, F. R.; Cardoso, J. N.; Brickus, L. S. R.; *Proc. Indoor Air*, Edinburgh, Scotland, 1999.
35. Pires, M.; Montero, L.; Carvalho, L. R. F.; *Quim. Nova* **1999**, 22, 487.
36. Pereira, E. A.; Cardoso, A. A.; Dasgupta, P. K.; *Quim. Nova* **2001**, 24, 443.
37. Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Moreira, J. C.; Siqueira, L. F. G.; *The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Scotland, 1999.
38. Brickus, L. S. R.; Costa, M. F. B.; Tome, P. A.; Machado, J. H.; Moreira, J. C.; *Resumos do 1º Seminário Saúde Ambiente no Processo de Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
39. Brickus, L. S. R.; Neves, F. L.; Moreira, J. C.; *Resumos da 1ª Bienal de Pesquisa da FIOCRUZ*, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
40. Carneiro, F. P.; Aquino Neto, F. R.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 18.
41. Carneiro, F. P.; *Tese de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
42. Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 20.
43. Gioda, A.; Aquino Neto, F. R.; *Indoor Built Environ.* **2002**, 11, 302.
44. Almeida, S. M.; Corrêa, M. A. P.; Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Moreira, J. C.; *Resumos do 10º Encontro Nacional de Química Analítica*, Santa Maria, Brasil, 1999.
45. Almeida, S. M.; Neves, F. L.; Brickus, L. S. R.; Aquino Neto, F. R.; Moreira, J. C.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 24.
46. Costa, M. F. B.; Moreira, J. C.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 21.
47. Silveira, M. G.; Brickus, L. S. R.; Fernando, S. G. L.; Moreira, J. C.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 26.
48. Bortolli, A. A.; Pires, M.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 31.
49. Mattos, R. C. O. C.; Silva, C. R. S.; Araújo, U. C.; Moreira, M. F. R.; Gomes, R. A. A.; Santos, L. C. S.; Quitério, S. L.; Caldeira, C.; Nogueira, S. M.; Moreira, J. C.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 33.
50. Parreira, F. V.; Carvalho, C. R.; Cardeal, Z. L.; *Rev. Brasindoor* **2001**, V, 28.
51. Santos, C. Y. M.; Carneiro, F. P.; Gioda, A.; Aquino Neto, F. R.; *Laudo Técnico nº 151/2001, LADETEC/IQ/UFRJ*, 2001.