

Poluição *indoor*

Em 1942, em sua obra "Atmosfera do Interior dos Edifícios e Locais de Trabalho"(*), o Professor Jorge Saldanha Bandeira de Mello, dizia "A atmosfera do interior dos edifícios é o ar contido nos espaços habitados e circunscritos que constituem o interior das casas, em oposição ao ar livre, que é o dos espaços abertos (...) A atmosfera limitada dos edifícios, se não for renovada pela introdução de ar do exterior, ou se o for de modo insuficiente, acaba por se modificar, tanto do ponto de vista químico, como do físico ou do biológico. (...) O ar fresco dá-nos uma sensação de bem-estar. Contrariamente, o ar confinado pela respiração e exalações humanas e outras causas agindo, principalmente nos espaços restritos (selados), produz maus efeitos sobre a saúde, os quais podem ser divididos em agudos e crônicos, além da sensação característica de desconforto (...)"

Não é de hoje que ambientes fechados preocupam os especialistas de higiene e segurança ocupacionais. O primeiro caso da chamada Síndrome do Edifício Doente (SDE) foi reportado em julho de 1976, no verão americano, no Bevue Stratford Hotel, Nova Iorque, onde ocorria a convenção anual da Legião Americana de Veteranos da Guerra da Coreia.. A poluição do ar é preocupante, principalmente nas grandes cidades, mas não temos ideia de que o perigo também está dentro dos edifícios (ambientes *indoor*) comerciais principalmente, onde a circulação de pessoas é maior. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), passamos 80 a 90% de nossas vidas em ambientes fechados, respirando em torno de 10 mil L de ar por dia.

Ambiente altamente controlado, onde o ar deve ser puríssimo é necessário em várias atividades como preparação de medicamentos, na indústria de componentes eletrônicos, nos serviços de saúde onde são realizados transplantes de medula, entre outros. E nós, cidadãos comuns, o que respiramos? Via de regra, estamos expostos a gases poluentes, poeira, fungos, bactérias, algas, vírus, protozoários e substâncias químicas diversas. Mesmo ao ar livre essa mistura estará presente, em graus diversos. Em termos microbiológicos a quantidade média ao ar livre é de 200 UFC (unidades formadoras de colônia). Em edifícios selados, com sistema de climatização, a qualidade do ar interior necessita de cuidados especiais, no mínimo limpeza periódica dos sistemas filtrantes.

Como complemento à nossa primeira matéria desse ano (número 754) sobre poluição atmosférica, a RQI abre novamente espaço para os renomados pesquisadores Graciela Arbilla de Klachquin, Professora Titular do Departamento de Físico-Química do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Coordenadora do Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição; Cleyton Martins da Silva, do Instituto Nacional de Propriedade Industrial, Professor da Universidade Veiga de Almeida, Pesquisador e Vice-Coordenador do Grupo de Pesquisa de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição, para nos falarem importantes aspectos relacionados à poluição em ambientes fechados (*indoor*).

(*) Mello, J. S. B., "Atmosfera do Interior dos Edifícios e Locais de Trabalho". Tese de Concurso à Cadeira de Higiene Industrial da Faculdade Nacional de Medicina da Universidade do Brasil", *Jornal do Commercio do Rio de Janeiro*, 1942, 337 p.

RQI - O que é poluição indoor? Quais são as substâncias responsáveis por essa poluição?

Graciela e Cleyton - A poluição *indoor* ou poluição ambiental interior, está relacionada às concentrações de poluentes ambientais que podem afetar a saúde e o bem-estar das pessoas. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a Qualidade do Ar Interior é a “condição do ar ambiental de interior, resultante do processo de ocupação de um ambiente fechado com ou sem climatização artificial”. A ANVISA ainda define o Padrão Referencial de Qualidade do Ar Interior como o “marcador qualitativo e quantitativo de qualidade do ar ambiental interior, utilizado como sentinela para determinar a necessidade da busca das fontes poluentes ou das intervenções ambientais”.

O problema da poluição *indoor* se inicia nos tempos pré-históricos quando os seres humanos começaram a habitar regiões de clima temperado, sendo necessário, assim, construir locais fechados para morar, no interior dos quais eram utilizados combustíveis derivados de biomassa para cozinhar, aquecer e iluminar. Atualmente o problema da poluição *indoor* e os problemas de saúde relacionados, dependem da região do planeta. Se estima que no mundo aproximadamente três bilhões de pessoas usam combustíveis como carvão, madeira, resíduos de cultivos e excrementos de animais como fonte primária de energia doméstica. A queima desses combustíveis produz uma série de poluentes prejudiciais à saúde, como material

particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio (NO e NO₂), formaldeído e compostos policíclicos aromáticos (como benzo[a]pireno, que é sabidamente carcinogênico) e, no caso do carvão, óxidos de enxofre.

Nos países desenvolvidos, o progresso tecnológico e econômico tem levado ao uso de outras fontes de energia, como eletricidade e derivados do petróleo. Nesses países, geralmente os problemas de poluição *indoor* estão relacionados as emissões provenientes dos materiais de construção, adesivos, solventes, mobiliário, produtos e equipamentos de limpeza, aquecedores de gás ou querosene, fogões, fumaça de cigarros e veículos estacionados em garagens fechados, entre outros. Também a poluição de origem microbiana proveniente de bactérias e fungos vem se tornando um problema importante. O desenvolvimento de agentes biológicos é geralmente devido à umidade e ventilação deficiente dos ambientes internos. O excesso de umidade provoca a degradação de materiais e o crescimento de microrganismos, como fungos e bactérias, que levam à emissão de esporos, células, fragmentos e compostos orgânicos voláteis (COVs).

A tendência de construir os chamados “prédios selados” por diversos motivos relacionados a fatores estéticos, isolamento do ruído e da poeira exterior, e sistemas de refrigeração e aquecimento mais eficientes, levou ao aparecimento de outros poluentes do ar interior. Além disso, junto as mudanças arquitetônicas, surgiram no mercado novos produtos para forração, acabamento e mobiliário que contém substâncias nocivas, principalmente COVs, que podem ser liberadas no ar interior.

Outro poluente que merece especial atenção é a fumaça de tabaco que contém milhares de compostos químicos e, em alguns ambientes fechados, pode ser a maior fonte de material particulado.



Alguns compostos como nicotina e outros alcaloides derivados da nicotina, algumas nitrilas e alguns derivados da graxa da folha do tabaco, são quase que exclusivamente emitidos pela fumaça do tabaco. A nicotina é tóxica quando inalada, causando estresse excessivo nos sistemas circulatório e nervoso e tem sido relacionada ao aumento da suscetibilidade para o desenvolvimento de câncer.

Existem, também, problemas de poluição *indoor*, em ambientes de trabalho, relacionados a atividades específicas e que levam à problemas de saúde ocupacional.

A OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) nos Estados Unidos, classifica os poluentes de ar interior em três tipos principais: biológicos (causados por bactérias, fungos, vírus, pólen, etc), químicos (principalmente gases produzidos em processos de combustão, evaporação e emissão de diversos produtos e processos) e material particulado não biológico, suspenso no ar.

Os principais poluentes, não biológicos, em ambientes internos são:

- dióxido de carbono, emitido em processos de combustão e por atividade metabólica;
- monóxido de carbono, emitido na queima de combustíveis fósseis e por aquecedores, fogões e fumo de cigarros;
- formaldeído, proveniente de materiais de construção e mobiliários;
- COVs e compostos orgânicos semi-voláteis (COSV), devidos aos adesivos, solventes, materiais de construção e pintura, fumaça de cigarro, produtos e atividades de limpeza, impressoras e fotocopiadoras e volatilização de diversos produtos;
- partículas de diferentes tamanhos, devidas a ressuspensão de poeira, fumaça de cigarros e processos de combustão. De uma forma geral, as partículas podem ser classificadas em partículas finas, com diâmetros menores que 2,5 µm, e partículas grossas. Sendo que as partículas de diâmetros menores que 2,5 µm podem penetrar os

pulmões e as partículas de diâmetros menores que 10 µm, ou partículas inaláveis, podem alcançar o sistema respiratório superior.

RQI - Como se faz a amostragem e a análise desses poluentes?

Graciela e Cleyton - Os métodos de monitoramento consistem em medições em tempo real ou em forma integrada. No primeiro caso são usados instrumentos que fazem leituras instantâneas e contínuas, que podem eventualmente ser gravadas e processadas para se obter valores médios para um dado período de tempo. No segundo caso, geralmente são coletadas amostras de ar em forma descontínua, durante um dado período de tempo, e levadas a um laboratório para análise. A coleta de amostras em forma integrada pode ser feita em forma ativa ou passiva. No primeiro caso, ainda, o ar é forçado passar ou entrar no sistema de coleta, com o auxílio de uma bomba amostradora. Já no segundo caso as amostras são coletadas por um processo de difusão devido a uma diferença de concentração.

Para a maioria dos compostos existem diversos métodos que variam em seu custo e facilidade de aplicação e, também, na sua confiabilidade e eficiência. Diversas agências ambientais recomendam métodos de referência para cada composto ou parâmetro e indicam outros métodos equivalentes e seus requisitos mínimos para aplicação. No Brasil, a ANVISA publicou a Resolução nº 176, de 24 de outubro de 2000, com orientações técnicas elaboradas pelo Grupo Técnico Assessor sobre padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente e de uso público e coletivo, na qual são detalhadas as normas técnicas para amostragem e análise de bioaerossol, dióxido de carbono e aerodispersóides e para a determinação de temperatura, umidade e velocidade do ar.

Existem também documentos completos de outros países, por exemplo, a Agência Portuguesa do Ambiente publicou em 2009 um Guia Técnico

completo para a determinação de ar em espaços interiores, que inclui o detalhamento dos métodos para a medição de dióxido de carbono, monóxido de carbono, formaldeído, COVs, partículas e aerossóis, ozônio, radônio e microrganismos. A Agência de Meio Ambiente dos Estados Unidos (US EPA) também publicou, em 1990, um compêndio de dez capítulos, detalhando os métodos recomendados para determinação de COVs, nicotina, monóxido e dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, formaldeído, compostos policíclicos aromáticos, material particulado e aerossóis, pesticidas e ácidos.

Para o dióxido e monóxido de carbono, o método mais recomendado é a determinação com um analisador de absorção no infravermelho, devido a sua sensibilidade e a capacidade de monitoramento contínuo e instantâneo, seja com um analisador

portátil ou um instrumento mais robusto, adequado para realizar leituras contínuas em um local fixo.

Para o formaldeído, o método mais recomendado é o TO-11A da US EPA, utilizado também em ambientes externos. Nesse método é utilizado um cartucho contendo um material adsorvente impregnado com 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH). O ar é forçado a passar através do cartucho com o auxílio de uma bomba amostradora. O formaldeído presente no ar fica retido no cartucho após reação com a DNPH e formação da correspondente hidrazona.

Posteriormente a hidrazona é extraída do cartucho usando acetonitrila e analisada por cromatografia líquida de alta resolução. Os cartuchos podem ser preparados no laboratório ou adquiridos comercialmente.



Esquema simplificado do método para determinação de formaldeído



Extração da amostra de formaldeído (acima) e equipamento de cromatografia líquida de alta resolução para determinação de formaldeído (à direita)



Os COVs também podem ser determinados usando métodos de referência aplicáveis a ambientes internos e externos. A coleta destes compostos pode ser realizada usando cartuchos adsorventes ou botijões de aço inox (*canisters*). Os dois métodos mais recomendados atualmente são o TO-17 e o TO-15, ambos da US EPA.

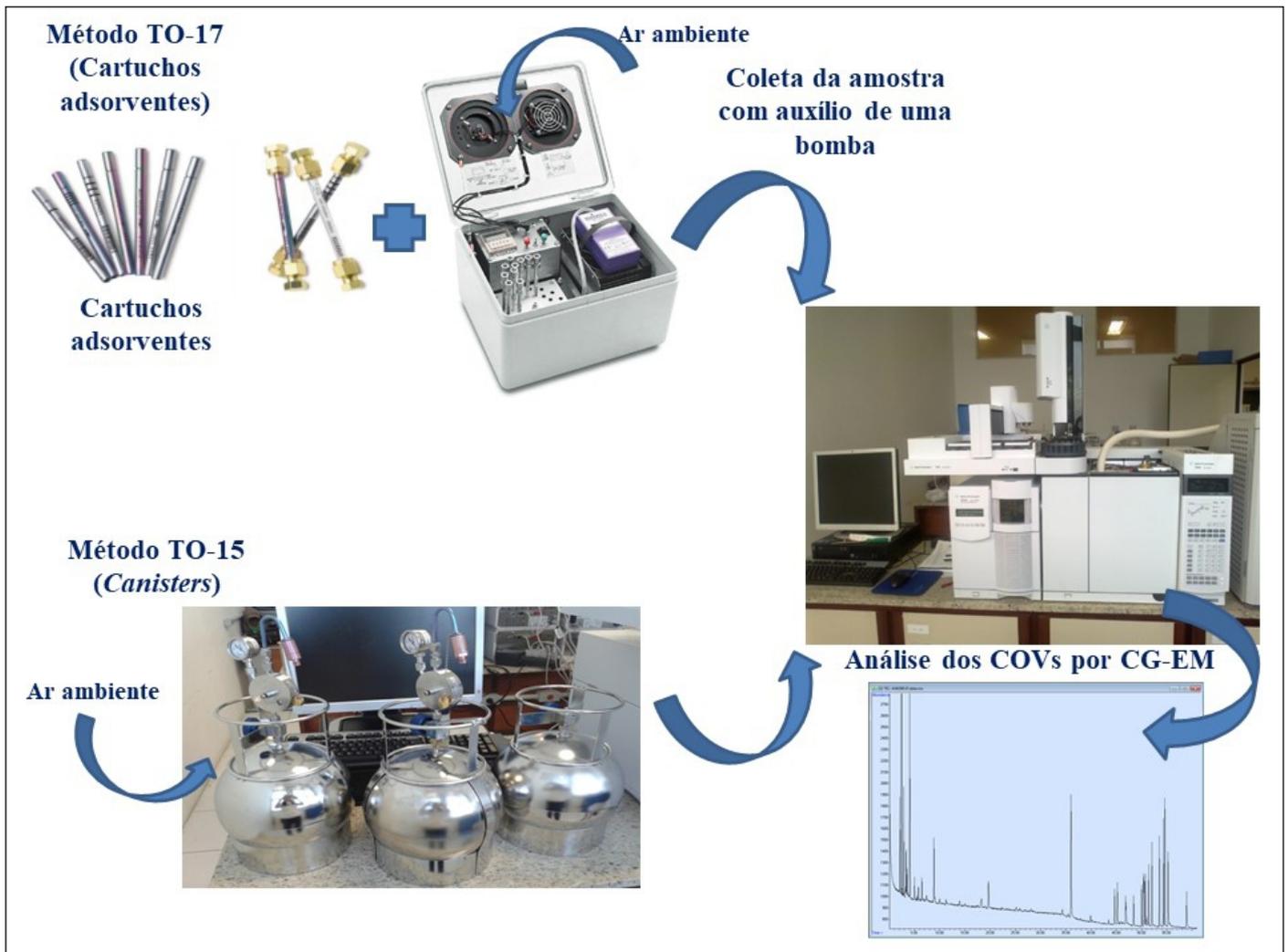
No primeiro caso, o ar é forçado a passar através de um cartucho contendo um ou mais materiais adsorventes específicos para um determinado grupo de COVs (ou eventualmente COSV). O tempo de coleta pode variar desde alguns minutos até várias horas. Os compostos retidos são, posteriormente, dessorvidos termicamente, e analisados por cromatografia a gás com um detector de massas (CG EM). No segundo caso, o ar é coletado dentro do *canister* previamente evacuado, posteriormente transferido a uma *trap* a frio, contendo um material adsorvente, onde são retidos os COVs, que finalmente são dessorvidos termicamente e analisados por CG EM.

A entrada do ar ambiente no *canister* é realizada em forma instantânea ou, utilizando um restritor de fluxo, durante um período determinado que geralmente varia de 1 a 24 horas. Nesse tipo de coleta, o ar entra no *canister*, previamente evacuado,

por diferença de pressão até atingir uma pressão final de 1 atm. Eventualmente, uma bomba pode ser utilizada para forçar a entrada do ar até uma pressão final maior.

Existem, também, outros métodos de coleta por exemplo, usando cartuchos e a dessorção com solventes orgânicos, e outros métodos de análise, como cromatografia a gás com detector de ionização de chama (CG DIC). A US EPA tem compilado 17 métodos na série TO (*Toxic Organic*) aplicáveis a ambientes internos e externos, para determinação de compostos orgânicos tóxicos, (compostos não-metânicos voláteis e semivoláteis, compostos oxigenados e halogenados), diferentes métodos de coleta (cartuchos adsorvedores e *canisters*) e métodos de análise cromatográfica (cromatografia a gás e cromatografia líquida de alta resolução com diferentes detectores).

Os COVs podem ser coletados também usando cartuchos adsorvedores e um método passivo. Neste caso os compostos entram no cartucho a uma taxa controlada por processos físicos, tais como difusão ou permeação, sem envolver o movimento do ar através do amostrador, ou seja não sendo necessário o uso de uma bomba auxiliar.



Esquema simplificado do método para determinação de COVs



Limpeza dos canisters para coleta de COVs



Cromatógrafo a gás com detector de massas

Em geral em um método passivo, o tempo de coleta é de vários dias, enquanto que nos métodos ativos, é de minutos ou poucas horas. A utilização de métodos passivos é uma alternativa mais simples, de menor custo e não precisa de calibração do fluxo de ar. É uma opção apropriada para monitoramento da exposição pessoal (nesse caso a pessoa carrega um pequeno dispositivo), porém possui algumas desvantagens, como não fornecer concentrações instantâneas ou ser utilizada para curtos períodos de tempo e não permitir alterar a taxa de amostragem.

Em ambientes internos, o material particulado pode ser coletado usando um impactador, de um ou de vários estágios, projetado para medir a concentração e distribuição de tamanhos de espécies aeróbicas de bactérias e fungos. Esses equipamentos são chamados de amostradores de bioaerossol, amostradores de microorganismos, amostradores de aerossóis vivos ou amostradores de partículas viáveis.

Existem equipamentos especificamente desenhados para ar interior, disponíveis comercialmente no Brasil, e que atendem as exigências da legislação.

O funcionamento desses amostradores é bastante simples. O ar é aspirado, através do impactador, com uma bomba de vácuo. Quando o ar entra no impactador acelera através dos orifícios de jateamento. As partículas maiores são inercialmente impactadas e retidas em uma placa de Petri contendo um agar apropriado aos microrganismos.

Após a coleta a placa é incubada e contada mediante um método aceitável. Em um caso típico, é possível determinar bactérias e fungos de 0,65 a 22 µm suspensas em ar ambiente. No caso de impactadores de vários estágios são usadas várias placas de Petri e o ar flui em cascata através dos estágios de orifícios sendo possível separar as partículas por tamanhos. Por exemplo, em um impactador típico de 6 estágios, as faixas de tamanho são: 7,0; 4,7-7,0; 3,3-4,7; 2,1-3,3; 1,1-2,1 e 0,65-1,1 µm.

RQI - Que consequências à saúde podem ser relatadas decorrentes da poluição indoor? Um ambiente selado pode ser tratado como saudável?

Graciela e Cleyton - A exposição das pessoas à poluição *indoor*, assim como os efeitos sobre a saúde, varia nas diferentes regiões do mundo, dependendo do desenvolvimento econômico, que determina o uso dos diferentes combustíveis, do tipo de construções e do clima, em função do nível de exposição, sendo os efeitos mais graves para crianças, idosos e pessoas mais susceptíveis (por exemplo, pessoas com problemas alérgicos ou asma).

Como já mencionado, aproximadamente três bilhões de pessoas ainda utilizam carvão, madeira e outros combustíveis derivados de biomassa para aquecimento e para cozinhar os alimentos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a maioria dessa população, vive em condições de pobreza em

países em desenvolvimento ou com baixo desenvolvimento, com altos níveis de contaminação e ventilação deficiente dentro de suas residências, creches e escolas.

Ainda, segundo a OMS, a poluição por partículas finas é, em muitos casos, 100 vezes maior que o aceitável para manter condições apropriadas, e a exposição é maior entre mulheres, crianças e idosos que permanecem mais tempo nos espaços domésticos interiores. Dados da OMS para 2012, mostram que 4,3 milhões de pessoas morrem prematuramente por doenças relacionadas ao uso ineficiente de combustíveis sólidos: 12% por pneumonia, 34% por acidente vascular cerebral, 26% por cardiopatia isquêmica, 22% por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e 6% por câncer de pulmão.

De uma forma geral, o material particulado fino e outros poluentes causam inflamação nas vias aéreas e nos pulmões, levando à enfisema pulmonar, doença pulmonar obstrutiva crônica e reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio do sangue.

Existem evidências da relação entre contaminação de ar ambiente e tuberculoses, nascimento de crianças com pouco peso, cataratas e câncer de faringe e laringe.

Já nos países desenvolvidos ou com melhores condições econômicas, onde são construídos um maior número de prédios selados, têm aparecido outro tipo de efeito adverso à saúde e conforto dos moradores ou trabalhadores, que de alguma maneira estão relacionados ao edifício onde trabalham ou permanecem, e que há sido chamado de “Síndrome do Edifício Doente” (SED). O termo foi usado pela primeira vez pela OMS em 1983, para descrever situações em que os ocupantes de um edifício experimentam efeitos adversos na saúde e conforto, que parecem estar ligados ao tempo de permanência no mesmo, sem ser possível identificar uma causa específica. A EPA ainda diferencia a SED da condição na qual os sintomas podem ser claramente identificados e relacionados a poluentes

presentes no edifício, relacionando este último tipo de doenças às condições de trabalho ou ao local de trabalho.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre esse tema foram publicados pelo grupo de pesquisa do Professor Francisco Radler de Aquino Netto, em 1999-2000.

Apartir de então numerosos estudos mostram que condições de ambientes internos desfavoráveis podem causar desconforto, insatisfação, aumentar o risco de acidentes e custos com saúde, diminuir a produtividade e causar danos consideráveis à saúde, como alergias respiratórias, irritação e obstrução nasal, irritação e secura na garganta, cefaleia, irritação e sensação de secura ocular, manifestações dermatológicas como desidratação e irritação da pele, dores articulares, letargia, sonolência, dificuldade de concentração ou sensibilidade a odores. Não existe um limite bem definido para considerar um edifício “doente” ou “saudável”, mas, em geral é considerado que o a SED se manifesta quando mais de 20% das pessoas que ocupam ou trabalham no prédio manifestam os sintomas relatados.

RQI - Como está a legislação brasileira direcionada ao controle de ambientes indoor?

Graciela e Cleyton - A legislação específica para ambientes *indoor* tem dois enfoques, ambiental e ocupacional, regulamentadas pelos Ministérios da Saúde e do Trabalho e Emprego, respectivamente.

No Brasil, o Ministério de Saúde publicou a Portaria nº 3.523 de 28 de agosto de 1998, aprovando um Regulamento Técnico que contém medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e a prevenção dos riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados.

A Portaria determina que serão objeto de Regulamento Técnico “medidas específicas referentes a padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados, no que diz respeito a definição de parâmetros físicos e composição química do ar de interiores, a identificação dos poluentes de natureza física, química ou biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, bem como pré-requisitos de projetos de instalação e de execução de sistemas de climatização”.

A Portaria exige, também, que todos os ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo elaborem e mantenham um plano de manutenção, operação e controle dos sistemas de ar condicionado.

Com o objetivo de criar critérios que avaliassem a adequação dos procedimentos adotados pelas empresas de manutenção dos estabelecimentos, a ANVISA publicou, em 24 de outubro de 2000, a Resolução nº 176 e, em 16 de janeiro de 2003, uma revisão (Resolução nº 9) com referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.

Esta última Resolução da ANVISA tem como metas estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo e instrumentalizar as equipes profissionais envolvidas no controle de qualidade do ar interior, no planejamento, elaboração, análise e execução de projetos físicos e nas ações de inspeção desses ambientes.

A Resolução recomenda os seguintes Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo:

- o valor máximo recomendável para contaminação microbiológica deve ser ≤ 750 unidades formadoras de colônias m^{-3} de fungos, para a relação I/E $\leq 1,5$, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior;
- os valores máximos recomendáveis para contaminação química são: 1000 ppm de dióxido de

carbono, como indicador de renovação de ar externo; e $80 \mu\text{g m}^{-3}$ de aerodispersóides (aerossóis) totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado;

→ a faixa recomendável de Operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C , sendo que a faixa máxima de operação deverá variar de $26,5^\circ\text{C}$ a 27°C . Para o inverno, a faixa recomendável deverá variar de 20°C a 22°C ;

→ no verão, a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa deverá variar de 40 % a 65 % para ambientes internos, e no inverno, a faixa deverá variar de 35 % a 65% a taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será de no mínimo $27 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1} \text{ pessoa}^{-1}$, exceto para ambientes com alta rotatividade de pessoas que deverá ser de $17 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1} \text{ pessoa}^{-1}$.

A Portaria também estabelece a periodicidade dos processos de limpeza e manutenção e recomenda uma série de medidas de correção em ambientes interiores para mitigar as fontes de poluentes biológicos (bactérias, fungos, protozoários, vírus, algas, pólen, artrópodes e animais como roedores, morcegos e aves). Recomenda, também, medidas para mitigar os poluentes químicos (monóxido e dióxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, formaldeído, material particulado, fumo de tabaco, COVs e COSV). Finalmente são anexadas quatro normas técnicas com os métodos de amostragem e análise de bioaerosol, dióxido de carbono, determinação de temperatura, umidade e velocidade do ar e método de amostragem e análise de aerodispersóides.

É importante notar que a concentração máxima determinada para dióxido de carbono é aproximadamente o dobro do encontrado em ambientes urbanos externos. Já os limites recomendados pela OMS, para ambientes externos (média de 24 horas), são de 25 e $50 \mu\text{g m}^{-3}$, para partículas de até 10 e $2,5 \mu\text{m}$ respectivamente,

mostrando que os limites indicados na legislação para ambientes internos são muito altos.

A legislação não estabelece limites de concentração nem recomenda métodos de determinação para ozônio e os compostos orgânicos (formaldeído, COVs e COSV).

Já a Norma Regulamentadora NR 15 do Ministério de Trabalho, descreve as atividades, operações e agentes insalubres, inclusive seus limites de tolerância, definindo as situações que quando vivenciadas pelos trabalhadores, no ambiente de trabalho, caracterizam exercício insalubre e também descreve os meios de proteger os trabalhadores de tais exposições nocivas à saúde.

Os limites de exposição em mg m^{-3} são baseados em 48 horas semanais no Brasil, entanto que nos Estados Unidos são baseados em 40 horas semanais.

A NR 15 estabelece limites, em mg m^{-3} , para o formaldeído (2,3), para o acetaldeído (140), para o tolueno (290) e para os xilenos (340). Para o benzeno, em 2011, foi alterado o anexo 13-A da NR 15, sendo estabelecido o limite de $7,97 \text{ mg m}^{-3}$ para as indústrias siderúrgicas e $3,19 \text{ mg m}^{-3}$ para as químicas e petroquímicas. No referido a este composto ainda existe incerteza sobre os mecanismos de ação tóxica e as vias de biotransformação que levam ao desenvolvimento das alterações hematológicas e câncer. Existem algumas evidências de que concentrações inferiores a $3,19 \text{ mg m}^{-3}$ ocasionam efeitos adversos na saúde.

De acordo com a OMS, não existem níveis seguros de exposição ao benzeno e, por tanto, recomenda-se que seja usado o mesmo critério para exposição *indoor* e *outdoor* ($5 \mu\text{g m}^{-3}$). Ainda segundo a OMS, as concentrações associadas com um risco de 1/10.000, 1/100.000 e 1/1.000.000 são 17, 1,7 e $0,15 \mu\text{g m}^{-3}$, mostrando a necessidade de uma revisão da legislação brasileira tanto para ambientes ocupacionais como para ambientes *indoor* de uso público coletivo.

O valor proposto pela OMS para formaldeído,

0,1 mg m⁻³, é consideravelmente menor que o da NR 15. Esse valor está baseado em evidências que concentrações de 0,36 mg m⁻³, por quatro horas, causam irritação ocular e concentrações de 0,6 mg m⁻³, causam avermelhamento ocular.

Outros poluentes, como dióxido de nitrogênio, radônio, monóxido de carbono, naftaleno, compostos policíclicos aromáticos, tricloroetileno e tetracloroetileno, contemplados nas recomendações da OMS, não são considerados na legislação brasileira.

Quanto à fumaça de cigarro, a partir de 1996, foi proibido no Brasil, o uso de cigarros, cigarrilhas, charutos, cachimbos ou qualquer outro produto fumígeno, derivado ou não de tabaco, em recinto coletivo fechado, privado ou público, sendo incluídas especificamente na legislação, repartições públicas, hospitais e postos de saúde, salas de aula, bibliotecas, recintos de trabalho coletivo, salas de teatro e cinema.

Como reflexão final, pode ser lembrada que a qualidade do ar é um requerimento básico para a vida. Assim, a qualidade do ar no interior dos domicílios, creches, escolas, hospitais, locais de trabalho e estudo, e outros edifícios públicos e privados, onde as pessoas passam grande parte de seu dia, é fundamental para determinar a saúde e o bem-estar da população. As substâncias tóxicas emitidas por materiais de construção, mobiliário e equipamentos, assim como aquelas devidas às atividades humanas realizadas *indoor*, seja ocupacionais ou domésticas, podem levar a uma

série de problemas graves de saúde. Frequentemente é observado que o nível de concentração de alguns compostos é maior em ambientes *indoor* que em ambientes *outdoor*.

Em geral, tem se dado mais atenção aos problemas de poluição do ar em ambientes externos. Porém, o conhecimento dos níveis de contaminação internos, assim como um estudo aprofundado dos efeitos adversos à saúde, e dos processos de emissão desses poluentes, poderá dar subsídio para o estabelecimento de uma legislação mais rigorosa que assegure a qualidade de vida da população. A legislação para ambientes externos é também mais rigorosa e, para ambientes *indoor*, na maioria dos países, existe disparidade entre a legislação relacionada à área ambiental (Ministério da Saúde ou equivalente) e a legislação ocupacional, sendo os limites ocupacionais geralmente muito maiores e inadequados conforme as recomendações da OMS.

NOTAS DO EDITOR

→ Os entrevistados podem ser contatados pelos correios eletrônicos:

graciela@iq.ufrj.br e martins.cleyton@gmail.com.

→ Os Currículos Lattes dos entrevistados podem ser acessados pelos links:

<http://lattes.cnpq.br/7712800981237085> e

<http://lattes.cnpq.br/2637457192603373>.

→ O Laboratório de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição pode ser acessado clicando em: <https://www.iq.ufrj.br/laboratorios/laboratorio-decinetica-aplicada-a-quimica-atmosferica-epoluicao>.



Membros do Grupo de Pesquisa de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição

