

Primeira edição  
04.08.2008

Válida a partir de  
04.09.2008

---

**Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e  
unitários  
Parte 3: Qualidade do ar interior**

*Central and unitary air conditioning systems  
Part 3: Indoor air quality*

Palavras-chave: Ar-condicionado. Qualidade do ar interior. QAI. Ventilação.  
Filtragem de ar.

*Descriptors: Air conditioning. Indoor air quality. IAQ. Ventilation. Air filtration.*

ICS 91.140.30

ISBN 978-85-07-00891-0



ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TÉCNICAS

Número de referência  
ABNT NBR 16401-3:2008  
24 páginas

© ABNT 2008

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

ABNT

Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 2220-1762

[abnt@abnt.org.br](mailto:abnt@abnt.org.br)

[www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

Impresso no Brasil

**Sumário**

Página

<b>Prefácio.....</b>	<b>iv</b>
<b>1      Escopo .....</b>	<b>1</b>
<b>2      Referências normativas .....</b>	<b>1</b>
<b>3      Termos e definições .....</b>	<b>2</b>
<b>4      Condições gerais.....</b>	<b>3</b>
<b>5      Ventilação .....</b>	<b>4</b>
<b>5.1    Qualidade do ar exterior .....</b>	<b>4</b>
<b>5.2    Vazão de ar exterior.....</b>	<b>4</b>
<b>5.2.1    Vazão eficaz .....</b>	<b>4</b>
<b>5.2.2    Vazão a ser suprida na zona de ventilação.....</b>	<b>7</b>
<b>5.2.3    Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema .....</b>	<b>8</b>
<b>6      Filtragem.....</b>	<b>10</b>
<b>6.1    Classificação dos filtros .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2    Níveis de filtragem.....</b>	<b>10</b>
<b>6.3    Pré-filtragem do ar exterior .....</b>	<b>11</b>
<b>6.4    Seleção dos filtros.....</b>	<b>12</b>
<b>7      Requisitos de projeto e execução relativos à qualidade do ar.....</b>	<b>12</b>
<b>7.1    Tomada de ar exterior .....</b>	<b>12</b>
<b>7.2    Salas de máquinas de equipamentos de tratamento de ar.....</b>	<b>13</b>
<b>7.3    Unidades de tratamento de ar no entre forro e telhado .....</b>	<b>14</b>
<b>7.4    Unidades de tratamento de ar .....</b>	<b>14</b>
<b>7.4.1    Gabinetes metálicos .....</b>	<b>14</b>
<b>7.4.2    Ventiladores .....</b>	<b>15</b>
<b>7.4.3    Serpentinhas de resfriamento do ar .....</b>	<b>15</b>
<b>7.4.4    Umidificadores.....</b>	<b>15</b>
<b>7.5    Dutos de ar e terminais de ar .....</b>	<b>16</b>
<b>7.6    Atenuadores de ruído.....</b>	<b>16</b>
<b>8      Requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar .....</b>	<b>16</b>
<b>Anexo A (informativo) Questionário para avaliação.....</b>	<b>17</b>
<b>A.1    Orientação e interpretação das informações .....</b>	<b>17</b>
<b>A.1.1    Recomendação .....</b>	<b>17</b>
<b>A.1.2    Referência .....</b>	<b>17</b>
<b>A.2    Questionário.....</b>	<b>18</b>
<b>Anexo B (informativo) Poluentes químicos do ambiente interior .....</b>	<b>19</b>
<b>Anexo C (informativo) CO<sub>2</sub> e qualidade do ar interior .....</b>	<b>21</b>
<b>C.1    Parâmetros fisiológicos .....</b>	<b>21</b>
<b>C.2    CO<sub>2</sub> e taxa de ar exterior .....</b>	<b>22</b>
<b>C.3    CO<sub>2</sub> como indicador de qualidade do ar .....</b>	<b>22</b>
<b>Anexo D Exemplo de cálculo de vazão de ar exterior .....</b>	<b>23</b>
<b>D.1    Dados de projeto .....</b>	<b>23</b>
<b>D.2    Vazões de ar exterior – Nível 1 .....</b>	<b>23</b>
<b>D.3    Vazões de ar exterior - Nível 3.....</b>	<b>24</b>

## **Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidade, laboratório e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 16401-3 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABNT/CB-55), pela Comissão de Estudo de Sistemas Centrais, Condicionamento de Ar e Ventilação Comercial (CE-55.002.03). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 03, de 21.02.2008 a 22.04.2008, com o número de Projeto 55:002.03-001-3.

Esta Norma cancela e substitui a ABNT NBR 6401:1980.

A ABNT NBR 16401, sob o título geral “Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Projeto das instalações;
- Parte 2: Parâmetros de conforto térmico;
- Parte 3: Qualidade do ar interior.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

### **Scope**

*This part of ABNT NBR 16401, establishes the basic conditions and minimum requirements to obtain acceptable indoor air quality in air conditioning systems for comfort. It defines:*

- *minimum outdoor air flow for ventilation;*
- *minimum levels of air filtration;*
- *technical requirements for systems and components relative to indoor air quality.*

*This part of ABNT NBR 16401, applies to:*

- *central systems of any capacity;*
- *unitary systems, consisting of one or more units of which the sum of the nominal capacities is 10 kW or more, installed in the same building or in an autonomous part of a building.*

*NOTE Other factors which could affect the subjective perception of indoor air quality, such as noise level, lighting, psychological and ergonomic factors, are not addressed in this standard.*

*This part of ABNT NBR 16401, is applicable to specialized air conditioning systems (clean rooms, laboratories, surgical suites, industrial processes and other), only as far as it does not conflict with specific standards pertaining to these systems.*

*This part of ABNT NBR 16401, is not applicable retroactively. It is applicable to new systems and to the retrofit of existing systems, or of parts of existing systems.*

*This part of ABNT NBR 16401, does not prevent the use of other technologies proved to provide efficient and safe control of indoor air quality.*

# Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários

## Parte 3: Qualidade do ar interior

### 1 Escopo

1.1 Esta parte da ABNT NBR 16401 especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de ar-condicionado, visando à obtenção de qualidade aceitável de ar interior para conforto. Define:

- vazões mínimas de ar exterior para ventilação;
- níveis mínimos de filtragem do ar;
- requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos à qualidade do ar interior.

1.2 Esta parte da A ABNT NBR 16401 aplica-se a:

- sistemas centrais de qualquer capacidade;
- sistemas unitários – constituídos por um ou mais condicionadores autônomos cuja capacidade nominal somada é igual ou superior a 10 kW, instalados na mesma edificação ou numa fração autônoma da edificação.

NOTA Outros fatores que podem afetar a percepção subjetiva da qualidade do ar interior, como o nível de ruído, a iluminação, os fatores psicológicos e ergométricos, não são objeto desta parte da ABNT NBR 16401.

1.3 Esta parte da A ABNT NBR 16401 se aplica a instalações de ar-condicionado especiais que são regidas por normas específicas (salas limpas, laboratórios, centros cirúrgicos, processos industriais e outras) apenas nos dispositivos que não conflitem com a norma específica.

1.4 Esta parte da ABNT NBR 16401 se aplica aos sistemas novos ou a reformas de sistemas existentes. Não tem efeito retroativo.

1.5 Esta parte da ABNT NBR 16401 não restringe o uso de outras tecnologias comprovadamente eficientes e seguras, que visem à manutenção da qualidade do ar interior.

### 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

Portaria GM/MS nº 3523: 1998 – *Ministério da Saúde*

Resolução RE-09: 2003 – *Agência Nacional de Vigilância*

NR 10 – *Ministério do trabalho – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*

NR 12 – *Ministério do trabalho – Máquinas e Equipamentos*

NR 18 – *Ministério do trabalho – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção*

NR 8 – Ministério do trabalho – Edificações

ABNT NBR 5410:2004, *Instalações elétricas de baixa tensão*

ABNT NBR 5413:1992, *Iluminância de interiores*

ABNT NBR 13971:199, *Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação – Manutenção programada*

ABNT NBR 14679:2001, *Sistemas de condicionamento de ar e ventilação – Execução de serviços de higienização*

ABNT NBR 16401-1, *Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte1: Projeto das instalações*

ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilation for acceptable indoor air quality*

EN 779:2002, *Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance*

### 3 Termos e definições

Para os efeitos desta parte da ABNT NBR 16401, aplicam-se os termos e definições da ABNT NBR 16401-1 e os seguintes.

**3.1**

**ar interior de qualidade aceitável**

ar que não contém poluentes em concentração prejudicial à saúde ou ao bem-estar e é percebido como satisfatório por grande maioria (80 % ou mais) dos ocupantes do recinto

**3.2**

**vazão eficaz de ar exterior**

vazão de ar exterior na zona de respiração do espaço ventilado

**3.3**

**zona de respiração**

região ocupada de um espaço ventilado situado entre os planos horizontais localizados entre 0,8 m a 1,8 m do piso e distante de 0,6 m das paredes ou de componentes do sistema de tratamento de ar

**3.4**

**zona de ventilação**

um espaço ou grupo de espaços do mesmo tipo de utilização, com a mesma densidade de ocupação, a mesma eficiência da distribuição de ar e a mesma vazão de ar insuflado por metro quadrado. As zonas de ventilação não coincidem necessariamente com as zonas de controle térmico

**3.5**

**material particulado**

partículas de materiais sólidos em suspensão no ar

**3.6**

**ar insuflado**

ar suprido ao espaço ventilado por meios mecânicos constituído, em qualquer proporção, de ar exterior e ar recirculado

**3.7**

**ar exterior**

ar captado na parte externa da edificação

**3.8****ar de retorno**

ar do recinto recirculado no sistema e/ou rejeitado ao exterior

**3.9****ar recirculado**

ar do recinto retornado ao sistema para ser reprocessado

**3.10****ar de exaustão**

ar extraído do recinto por meios mecânicos e rejeitado ao exterior

**3.11****ar de escape**

ar impulsionado ao exterior por diferença de pressão

**3.12****passa-duto**

vão na alvenaria das edificações normalmente utilizado para passagem de dutos, tubos ou cabos e condução do ar externo até as casas de máquinas nos pavimentos

**3.13****zona primária**

área que compreende a sala de máquinas do condicionador e o(s) equipamento(s) de tratamento do ar

**3.14****zona secundária**

área que compreende a rede de dutos de insuflação e os acessórios empregados para difusão do ar bocas de ar

**3.15****área que zona terciária**

área que compreende o ambiente climatizado e o retorno do ar para o condicionador

**3.16****selo hídrico**

coluna de água existente no sifão de ralos e drenos

## 4 Condições gerais

**4.1** O sistema de ar-condicionado controla a qualidade do ar interior por meio de renovação por ar exterior e pela filtragem de todo o ar insuflado.

A renovação reduz a concentração no ambiente de poluentes gasosos, biológicos e químicos, que não são retidos nos filtros.

A filtragem do ar tem como função reduzir a concentração no ambiente dos poluentes trazidos do ar exterior e os gerados internamente, os quais são transportados pelo ar recirculado, evitando sua acumulação no sistema.

**4.2** O condicionamento de ar é um sistema onde existe uma interação constante das três zonas (primária, secundária e terciária), e para se garantir a qualidade do ar em ambientes de interiores, é preciso observar o sistema de condicionamento do ar de modo sistêmico e não de modo pontual.

**4.3** As atividades de manutenção em sistemas de condicionamento do ar são essenciais, visando à conservação e o rendimento dos equipamentos, mas também o padrão higiênico mínimo nas instalações.

## **5 Ventilação**

Esta parte da ABNT NBR 16401 estipula a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável a ser suprida pelo sistema para promover a renovação do ar interior e manter a concentração dos poluentes no ar em nível aceitável. As vazões estipuladas são dimensionadas considerando os poluentes biológicos, físicos e químicos esperados nas condições normais de utilização e de ocupação dos locais.

As vazões de ar de ventilação estipuladas nesta parte da ABNT NBR 16401 independem da capacidade ou do tipo de instalação.

### **5.1 Qualidade do ar exterior**

**5.1.1** A captação de ar exterior deve ser o mais afastada possível de potenciais fontes de poluição. Deve obedecer aos requisitos de 7.1 e, em particular, respeitar as distâncias mínimas das fontes poluidoras estipuladas na Tabela 6.

**5.1.2** Quando a única fonte disponível de ar exterior está contaminada por determinados poluentes, como, por exemplo, em centros urbanos, em terminais aeroportuários e rodoviários, em certas indústrias químicas e petroquímicas, a instalação de dispositivos específicos para retirar estes poluentes do ar de renovação deve ser avaliada e decidida em comum acordo entre o projetista e o contratante.

### **5.2 Vazão de ar exterior**

A vazão de ar exterior requerida nesta parte da ABNT NBR 16401 é determinada como estipulado em 5.2.1 a 5.2.3, adotando a metodologia da ANSI/ASHRAE 62.1.

#### **5.2.1 Vazão eficaz**

A vazão eficaz de ar exterior  $V_{ef}$  é considerada constituída pela soma de duas partes, avaliadas separadamente: a vazão relacionada às pessoas (admitindo pessoas adaptadas ao recinto) e a vazão relacionada à área ocupada. É calculada pela equação

$$V_{ef} = P_z * F_p + A_z * F_a$$

Onde:

$V_{ef}$  é a vazão eficaz de ar exterior, expressa em litros por segundo (L/s);

$F_p$  é a vazão por pessoa, expressa em litros por segundo (L/s\*pessoa);

$F_a$  é a vazão por área útil ocupada ( $L/s \cdot m^2$ );

$P_z$  é o número máximo de pessoas na zona de ventilação;

$A_z$  é a área útil ocupada pelas pessoas, expressa em metros quadrados ( $m^2$ ).

Os valores a adotar para  $F_p$  e  $F_a$  estão estipulados na Tabela 1.

**Tabela 1 — Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação**

Local	D pessoas/ 100 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m <sup>2</sup> <sup>a</sup>
		F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Comércio varejista</b>								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia <sup>b</sup>	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação <sup>b</sup>	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
<b>Edifícios de escritórios</b>								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
"Call center"	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
<b>Bancos</b>								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

**Tabela 1** (continuação)

Local	D pessoas/ 100 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m <sup>2</sup> <sup>a</sup>
		F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Edifícios públicos</b>								
Aeroporto – saguão <sup>c</sup>	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque <sup>c</sup>	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte <sup>d</sup>	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – <i>lobby</i>	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
<b>Esportes</b>								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta <sup>e</sup>	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
"Fitness center" – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
"Fitness center" – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
<b>Estabelecimentos de ensino</b>								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0
<b>Hotéis</b>								
Apartamento de hóspedes	.	5,5	--	6,9	--	10,3	--	--
Banheiro privativo	--	--	--	--	--	--	--	2,5/unid.
<i>Lobby</i> , sala de estar	30	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Sala de convenções	120	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Dormitório coletivo	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
<b>Restaurantes, bares, diversão</b>								
Restaurante – salão de refeições	70	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Bar, salão de coquetel	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Cafeteria, lanchonete, refeitório	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Salão de jogos	120	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Discoteca, danceteria	100	10,0	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
Jogos eletrônicos	20	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--

**Tabela 1** (continuação)

Local	D pessoas/ 100 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m <sup>2</sup> <sup>a</sup>
		F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Locais diversos</b>								
Câmara escura	--	--	--	--	--	--	--	5,0
Copa	--	--	--	--	--	--	--	1,5
Sala exclusiva para fumar <sup>f</sup>	--	--	--	--	--	--	--	9,0
Sanitários públicos	--	--	--	--	--	--	--	35 / bacia
Vestiários coletivos	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Legenda								
Nível 1 - Nível mínimo vazão de ar exterior para ventilação.								
Nível 2 - Nível intermediário da vazão de ar exterior para ventilação.								
Nível 3 - Vazões ar exterior para ventilação que segundo estudos existem evidências de redução de reclamações e manifestações alérgicas								
F <sub>p</sub> - Fração do ar exterior relacionada às pessoas (L/s*pessoa)								
F <sub>a</sub> - Fração do ar exterior relacionada ao recinto (L/s*m <sup>2</sup> )								
D - Densidade de ocupação esperada, referida à área útil ocupada (pessoas/100 m <sup>2</sup> )								
NOTA 1 A aplicação desta Tabela está condicionada à obediência a todos os demais requisitos desta parte da ABNT NBR 16401.								
NOTA 2 O nível (1,2 ou 3) de ar externo a ser utilizado no projeto deve ser definido entre o projetista e o cliente.								
NOTA 3 As vazões de ar exterior estipuladas são baseadas na proibição de fumar nos recintos (exceto local reservado).								
NOTA 4 Ar exterior com densidade do ar 1,2 kg/ m <sup>3</sup> (a vazão deve ser corrigida para a densidade efetiva).								
a O ar de reposição para a exaustão pode ser proveniente de recintos vizinhos.								
b Não recircular para outros recintos.								
c Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover odores ou vapores nocivos.								
d Tratamento especial do ar exterior pode ser necessário para remover elementos prejudiciais às obras de arte.								
e A vazão estipulada não contempla controle de umidade. Pode ser necessário aumentar a vazão ou instalar um sistema de desumidificação.								
f Não há valores estabelecidos da vazão de ar exterior necessária para diluir a fumaça de tabaco a níveis aceitáveis. A vazão de exaustão estipulada visa apenas evitar uma concentração excessiva de fumaça no recinto e a sua propagação para recintos vizinhos.								

Fonte – Adaptada da ANSI/ASHRAE 62.1: 2004.

A Tabela 1 lista também valores típicos esperados da densidade de ocupação *D*, em pessoas por 100 m<sup>2</sup>. Estes valores devem ser adotados para projeto apenas quando o número efetivo de pessoas no recinto não for conhecido.

### 5.2.2 Vazão a ser suprida na zona de ventilação

É a vazão eficaz corrigida pela eficiência da distribuição de ar na zona. É calculada pela seguinte equação:

$$V_z = V_{ef} / E_z$$

onde:

*V<sub>z</sub>* é a vazão de ar exterior a ser suprida na zona de ventilação;

*E<sub>z</sub>* é a eficiência da distribuição de ar na zona.

A Tabela 2 estipula os valores a adotar para *E<sub>z</sub>*.

**Tabela 2 — Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação**

Configuração da distribuição de ar	$E_z$
Insuflação de ar frio pelo forro	1,0
Insuflação de ar quente pelo forro e retorno pelo piso	1,0
Insuflação o de ar quente pelo forro, 8°C ou mais acima da temperatura do espaço e retorno pelo forro	0,8
Insuflação de ar quente pelo forro a menos de 8°C acima da temperatura do espaço pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso e retorno pelo forro, desde que o jato de ar insuflado alcance uma distância de 1,4 m ou mais do piso à velocidade de 0,8 m/s	1,0
Insuflação de ar frio pelo piso, com fluxo de deslocamento a baixa velocidade e estratificação térmica, e retorno pelo forro	1,2
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo piso	1,0
Insuflação de ar quente pelo piso e retorno pelo forro	0,7
Ar de reposição suprido do lado oposto à exaustão ou ao retorno	0,8
Ar de reposição suprido à proximidade da exaustão ou do retorno	0,5

Fonte – ANSI/ASHRAE 62.1: 2004.

### 5.2.3 Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema

A vazão de ar exterior  $V_s$ , na tomada de ar, a ser suprida pelo sistema é calculada como estipulado em 5.2.3.1 a 5.2.3.3.

#### 5.2.3.1 Sistema com zona de ventilação única

$$V_s = V_z$$

#### 5.2.3.2 Sistema com zonas múltiplas suprindo 100 % de ar exterior

$$V_s = \sum V_z$$

#### 5.2.3.3 Sistema com zonas múltiplas suprindo mistura de ar exterior e ar recirculado

Quando um sistema supre uma mistura de ar exterior e ar recirculado a mais de uma zona de ventilação, esta parte da ABNT NBR 16401 estipula um método simplificado para o cálculo da vazão total de ar exterior  $V_s$ .

$$V_s = [D^* \sum (P_z * F_p) + \sum (A_z * F_a)] / E_v$$

Onde:

$D$  é o fator de diversidade de ocupação (que corrige somente a fração do ar exterior relacionada às pessoas), definido como:

$$D = P_s / \sum P_z$$

sendo:

$P_s$  o total de pessoas simultaneamente presentes nos locais servidos pelo sistema;

$\sum P_z$  a soma das pessoas previstas em cada zona;

$E_v$  a eficiência do sistema de ventilação em suprir a vazão eficaz de ar exterior requerida em cada zona de ventilação.

$E_v$  determinado em função da zona que apresenta o maior fator  $Z_{ae}$ , definido pela equação:

$$Z_{ae} = V_z / V_t$$

sendo:

$Z_{ae}$  calculado de entre todas as zonas do sistema;

$V_z$  a vazão de ar exterior requerida na zona de ventilação;

$V_t$  a vazão total insuflada na zona. Para sistemas VAV,  $V_t$  é valor mínimo de projeto desta vazão.

A Tabela 3 estipula os valores de  $E_v$  a serem adotados.

**Tabela 3 — Eficiência da distribuição de ar nas zonas de ventilação**

$Z_{ae}$ máx.	$E_v$
$\leq 0,15$	1,0
$\leq 0,25$	0,9
$\leq 0,35$	0,8
$\leq 0,45$	0,7
$\leq 0,55$	0,6
NOTA 1 $Z_{ae}$ máx é o maior valor calculado de $Z_{ae}$ entre todas as zonas do sistema.	
NOTA 2 Para valores intermediários de $Z_{ae}$ , os valores de $E_v$ podem ser interpolados.	
NOTA 3 Os valores de $E_v$ são baseados num valor médio de 0,15 para a fração de ar exterior do sistema em relação ao total insuflado.	
NOTA 4 Esta Tabela não é aplicável a valores de $Z_{ae}$ máx superiores a 0,55.	

Fonte – ANSI/ASHRAE 62.1: 2004.

## 6 Filtragem

O sistema de ar-condicionado deve filtrar continuamente o material particulado trazido pelo ar exterior e os gerados internamente e transportados pelo ar recirculado, a fim de:

- reduzir a acumulação de poluentes nos equipamentos e dutos do sistema;
- contribuir para reduzir sua concentração de poluentes no recinto a níveis aceitáveis.

### 6.1 Classificação dos filtros

Esta parte da NBR 16401 adota a classificação de filtros da EN 779, que determina a eficiência dos filtros grossos por ensaio gravimétrico com poeira padronizada e a eficiência dos filtros finos em relação à retenção de partículas de 0,4 µm produzidas por dispersão de aerossol líquido (DEHS). A classificação dos filtros deve ser determinada conforme procedimento de ensaio estipulado na EN 779, por laboratório devidamente aparelhado e aceito pelo contratante, e tal ensaio deve ser realizado nos filtros finalizados (montados), não somente no meio filtrante.

As classes de filtros e a respectiva eficiência média estão estipuladas na Tabela 4.

**Tabela 4 — Classificação de filtros de partículas de acordo com a EN 779:2002**

<b>Tipo de filtros</b>	<b>Classe</b>	<b>Eficiência gravimétrica média <i>Eg %</i></b>	<b>Eficiência média para partículas de 0,4 µm <i>Ef %</i></b>
<b>Grossos</b>	G 1	$50 \leq Eg < 65$	---
	G 2	$65 \leq Eg < 80$	---
	G 3	$80 \leq Eg < 90$	---
	G 4	$90 \leq Eg$	---
<b>Finos</b>	F 5	---	$40 \leq Ef < 60$
	F 6	---	$60 \leq Ef < 80$
	F 7	---	$80 \leq Ef < 90$
	F 8	---	$90 \leq Ef < 95$
	F 9	---	$95 \leq Ef$

### 6.2 Níveis de filtragem

**6.2.1** A Tabela 5 estipula níveis de filtragem mínima para diversas aplicações comuns. Para aplicações não listadas, adotar a classe de filtragem estipulada para aplicações similares. Aplicações especiais devem obedecer ao estipulado em normas específicas.

**6.2.2** A Tabela 5 é válida para qualquer tipo de sistema, exceto pequenos sistemas unitários isolados, para conforto, em que a soma das capacidades nominais das unidades que compõem o sistema seja inferior a 10 kW (sistemas fora do escopo desta Norma), e com as seguintes exceções:

- para sistemas de conforto constituídos de unidades de tratamento de ar de pequeno porte (fancoletes, unidades split e multi-split), que não comportem os filtros estipulados na Tabela 5, o uso de filtros classe G3 é admissível, desde que o ar exterior seja suprido por sistema complementar, provido de filtragem da classe estipulada na tabela 5 para a aplicação, de acordo com o requerido em 6.3.4 e o recomendado em 6.3.5.

- b) para sistemas de conforto constituídos de unidades de janela, o ar exterior deve ser suprido por sistema complementar, provido de filtragem da classe estipulada na Tabela 5, para a aplicação, de acordo com o requerido em 6.3.4 e o recomendado em 6.3.5.

**6.2.3** Os filtros estipulados devem ser instalados nas unidades de tratamento de ar a montante das serpentinas de troca de calor. Havendo dois estágios de filtragem, os filtros do segundo estágio devem ser instalados após a descarga das unidades de tratamento de ar.

**6.2.4** Filtros de gases não estão indicados na Tabela 5. Devem ser estipulados quando necessário (ver 5.1.2).

### 6.3 Pré-filtragem do ar exterior

**6.3.1** Deve ser instalado um pré-filtro adicional para o ar exterior, no mínimo de classe G4, quando:

- o ar exterior é admitido na sala que serve de *plenum* de mistura para o condicionador;
- o ar exterior é suprido por dutos a diversos condicionadores a partir de um ventilador central.

Nestes casos o pré-filtro deve ser instalado junto à veneziana de captação de ar.

**6.3.2** Quando o ar exterior é captado diretamente na caixa de mistura do condicionador, ou é conduzido a esta por trecho de duto inferior a 2 m dentro da sala do condicionador, o ar exterior é filtrado junto com o ar recirculado, não havendo necessidade de pré-filtro separado.

**Tabela 5 — Classe mínima de filtragem**

Aplicação típica	Classe
Supermercado, <i>mall</i> de centros comerciais, agências bancárias e de correios, lojas comerciais e de serviços	G4
Escritórios, sala de reunião, CPD, sala de digitação, <i>call center</i> , consultórios	F5
Aeroporto – saguão, salas de embarque	F5
Aeroporto - torre de controle	G3 + F6
Biblioteca, museu – áreas do público	F5
Biblioteca, museu – exposição e depósito de obras sensíveis	G3 + F8
Hotéis 3 estrelas ou mais - apartamentos, <i>lobby</i> , salas de estar, salões de convenções	F5
Hotéis - outros, motéis - apartamentos	G4
Teatro, cinema, auditório, locais de culto, sala de aula	F5
Lanchonete, cafeteria	G4
Restaurante, bar, salão de coquetel, discoteca, danceteria, salão de festas, salão de jogos	F5
Ginásio (áreas do público), <i>fitness center</i> , boliche, jogos eletrônicos	G4
Centrais telefônicas – sala de comutação	G3 + F6
Residências	G3
Sala de controle – ambiente eletrônico sensível	G3 + F6
Impressão – litografia, <i>offset</i>	G3 + F7
Impressão - processamento de filmes	G3 + F8

**6.3.3** Para unidades de tratamento de ar que não disponham de conexão de tomada de ar exterior, o ar exterior deve ser suprido por sistemas separados, providos de filtragem da mesma classe estipulada na Tabela 5 para a aplicação.

**6.3.4** No caso anterior o ar deve ser conduzido por dutos à proximidade imediata da entrada de retorno da unidade. Não se admite captação do ar exterior diretamente na unidade, mesmo no caso de a unidade estar situada junto a uma parede exterior.

**6.3.5** É recomendável que o ar exterior seja resfriado e desumidificado, além de filtrado, a fim de reduzir a carga de condensados na unidade.

#### 6.4 Seleção dos filtros

**6.4.1** É recomendável, por motivos de economia operacional, operar os filtros com vazão 10 % ou 15 % abaixo de sua vazão nominal, principalmente em se tratando de filtros finos.

**6.4.2** A classe dos filtros de ar deve constar na placa de identificação dos condicionadores.

### 7 Requisitos de projeto e execução relativos à qualidade do ar

#### 7.1 Tomada de ar exterior

**7.1.1** A captação do ar exterior deve obrigatoriamente ser na parte externa da edificação.

**7.1.2** Deve-se prever na fase de projeto ponto adequado para instalação de meio ou dispositivo para determinação inequívoca e simplificada da vazão de ar exterior, de forma a possibilitar a sua verificação a qualquer momento, de forma rápida, pela equipe de manutenção ou fiscalização.

**7.1.3** No posicionamento da captação de ar exterior deve ser observado o sentido de ventos predominantes do local e a propagação inerente de cada poluente, para evitar o arraste no sentido da tomada de ar externo, respeitando-se as distâncias da Tabela 6.

**Tabela 6 — Distância mínima de possíveis fontes de poluição**

Entrada de garagens estacionamentos ou “drive-in”	5 m
Docas de carga e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

**7.1.4** A captação de ar exterior deve ter proteção contra intempéries e ser provida de tela adequada para evitar o ingresso de insetos.

**7.1.5** Os pontos de captação de ar exterior devem ser projetados de modo a não permitir que pássaros pousem ou construam ninhos.

**7.1.6** Os condutos utilizados para suprimento de ar exterior devem atender aos seguintes requisitos:

- ser de uso exclusivo para a condução deste ar, não podendo ser compartilhados com qualquer outro sistema;
- minimizar o acúmulo e a emissão de material particulado, e outras sujidades;
- ser de fácil limpeza ou substituição;
- não permitir o surgimento de pontos de umidade.

**7.1.7** A edificação que utilizar passa-duto (*shaft*) para condução de ar exterior deve ter preferencialmente a captação na parte superior da edificação ou 4 m acima do piso térreo.

## **7.2 Salas de máquinas de equipamentos de tratamento de ar**

**7.2.1** As salas de máquinas devem ser projetadas de forma a facilitar ao máximo o acesso para inspeção e manutenção dos equipamentos. Os acessos devem dispor de guarda-corpo de proteção contra quedas, sendo obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais, obedecendo aos requisitos da NR 18 e NR 8.

**7.2.2** As salas devem ser providas de pisos impermeabilizados, ponto de água, dreno, tomada elétrica de serviço e iluminação mínima de 500 lux conforme ABNT NBR 5413. A iluminação interna da casa de máquinas não deve ser do tipo fluorescente ou de descarga em função do risco de ocorrência de efeito estroboscópico, que pode impedir a visualização adequada de movimento dos corpos girantes.

**7.2.3** As salas de máquinas utilizadas como *plenum* de mistura devem ser providas de dispositivos de controle de vazão na tomada de ar exterior e no ar recirculado para garantir as vazões de projeto.

**7.2.4** Devem ter acabamento não poroso, lavável em paredes, piso e tetos, sendo recomendável que estes sejam de cores claras. Se for utilizado material fibroso, este deve ser protegido por revestimento resistente lavável que impeça o desprendimento de fibras no fluxo de ar.

**7.2.5** Os pisos das casas de máquinas devem ter cimento mínimo de 5 mm/m.

**7.2.6** O ralo da sala de máquinas deve ser sifonado com selo hídrico dimensionado em função da pressão existente neste ambiente.

**7.2.7** O dreno de condensado deve ser conduzido através de tubos até interior dos ralos.

**7.2.8** Ao redor dos equipamentos (condicionadores e ventiladores) deve ser mantido um espaço adequado de no mínimo 0,7 m, livre de obstáculos, para manutenção.

**7.2.9** O forro instalado na casa de máquinas, sendo removível ou não, não deve possibilitar que materiais eventualmente depositados na sua superfície externa sejam transferidos para o interior da casa de máquinas.

**7.2.10** A casa de máquina é uma região que sofre lavagem, não sendo admitida a instalação de transformadores, “no-break”, banco de baterias ou equipamentos que possam criar risco de descargas elétricas, devendo respeitar a NR 10 e a ABNT NBR 5410.

**7.2.11** Quando a casa de máquina é utilizada como *plenum* de retorno, deve:

- ser de construção estanque, livre de frestas e entradas não controladas de ar;
- possuir porta do tipo estanque, exceto quando o retorno for através de venezianas na porta.

### **7.3 Unidades de tratamento de ar no entre forro e telhado**

**7.3.1** Devem ser providas de acesso livre para limpeza, inspeção e manutenção dos equipamentos de no mínimo 0,7 m. Os acessos devem dispor de guarda-corpo de proteção contra quedas, sendo obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais obedecendo aos requisitos da NR 18 e NR 8.

**7.3.2** Devem possuir bandeja externa abaixo do equipamento, para evitar vazamentos. Prever dreno, tomada elétrica de serviço e iluminação mínima de 500 lux, conforme ABNT NBR 5413. A iluminação interna da casa de máquinas não deve ser do tipo fluorescente ou de descarga em função do risco de ocorrência de efeito estroboscópico, que pode impedir a visualização adequada de movimento dos corpos girantes.

**7.3.3** Devem possuir caixa *plenum* de mistura do ar exterior e retorno, sendo o ar exterior captado na parte externa da edificação conforme 7.1.1, devendo as duas entradas ser providas de dispositivos de controle de vazão.

### **7.4 Unidades de tratamento de ar**

#### **7.4.1 Gabinetes metálicos**

**7.4.1.1** Os painéis devem ser preferivelmente de parede dupla rígida, com o isolamento térmico, hermeticamente encerrado entre as duas paredes protegidas contra corrosão. Não são aceitos revestimentos internos porosos ou fibrosos desprotegidos ou que produzam chama e fumaça.

**7.4.1.2** A estanqueidade do gabinete deve ser compatível com a classe da estanqueidade da rede de dutos.

**7.4.1.3** Todos os componentes internos passíveis de manutenção devem ter fácil acesso através de painéis removíveis ou portas de inspeção.

**7.4.1.4** A bandeja de recolhimento da água condensada deve ser de material resistente à corrosão, por exemplo, aço inoxidável, aço galvanizado e pintado a pó epóxi ou plástico, e ser instalada com cimento de 10 mm/m no sentido do dreno. A geometria da bandeja deve evitar ponto de acúmulo de água. Não é aceita bandeja de chapa galvanizada sem proteção.

**7.4.1.5** A dimensão e o posicionamento da bandeja devem garantir o correto recolhimento da água condensada com o equipamento em funcionamento ou parado.

**7.4.1.6** A tubulação de escoamento da água condensada não pode ser conectada diretamente ao ralo sifônado. Deve ser provida de sifão com selo hídrico, com altura correspondente determinada pela seguinte equação:

$$S_H = 1,2 \times (0,1 \times P_{est})$$

Onde:

$S_H$  é o selo hídrico, expresso em milímetros de coluna de água (mm);

$P_{est}$  é a pressão estática máxima do ventilador, expressa em Pascal (Pa).

O tubo de drenagem do condicionador deve ser dimensionado com folga para a vazão de condensado, com diâmetro nominal não inferior a 19 mm.

#### 7.4.2 Ventiladores

A carcaça do ventilador deve promover condições de acesso para permitir a limpeza interna, como, por exemplo, porta de inspeção (exceções: aparelhos de janela, condicionadores *splits*).

#### 7.4.3 Serpentinhas de resfriamento do ar

**7.4.3.1** As molduras das serpentinas devem ser de material resistente à corrosão, como aço inoxidável ou alumínio. Não é aceita moldura de chapa galvanizada

**7.4.3.2** Recomenda-se não utilizar serpentinas com mais de 480 aletas por metro em serpentinas com mais de três fileiras, com o intuito de facilitar a remoção de biofilme.

**7.4.3.3** Recomenda-se que não seja utilizada serpentina com mais de seis fileiras de profundidade. Caso necessário, deve ser instaladas serpentinas em série, com espaço entre elas para permitir a limpeza no contrafluxo.

**7.4.3.4** Não devem ser utilizadas serpentinas com mais de 1,2 m de altura. Caso necessário, devem ser instaladas serpentinas menores superpostas, com bandeja intermediária para recolhimento de condensados independente para cada uma, respeitando o descrito em 7.4.1.4 a 7.4.1.6.

**7.4.3.5** O arraste de gotículas no fluxo de ar em qualquer condição operacional não é admissível, sendo recomendável uma velocidade média frontal do ar não superior a 2,7 m/s, não sendo aceitas velocidades locais superiores a 3,2 m/s.

Caso necessário, deve ser instalado eliminador de gotas a jusante, devem ser previstos meios de limpeza do eliminador de gotas e da serpentina e a utilização de material deve ser à prova de corrosão.

#### 7.4.4 Umidificadores

**7.4.4.1** Não são admissíveis umidificadores do tipo bandeja aquecida. Devem ser utilizados umidificadores a vapor com tubo difusor.

**7.4.4.2** O arraste de gotículas de água ou a condensação de umidade em partes do sistema não é admissível. Deve-se prover para tanto:

- uma distribuição homogênea do vapor;
- espaçamento entre o difusor de vapor e as partes do sistema a jusante suficiente para garantir a completa mistura do vapor com o ar, resultando em umidade relativa não superior a 90 %, a fim de evitar qualquer possibilidade de condensação;
- um trecho de duto reto sem qualquer obstrução (curvas, registros etc.) de 2,5 diâmetros equivalentes em área da seção transversal do duto a jusante do tubo difusor;
- um caimento de 10 mm/m do tubo difusor no sentido da entrada de vapor, para permitir a drenagem do condensado;
- o fechamento automático da válvula de controle do vapor quando o ventilador for desligado;
- deve ser previsto drenagem automática para evitar a concentração de sais e água estagnada.

**7.4.4.3** Os materiais utilizados no dispositivo de geração de vapor e no tubo difusor do sistema de umidificação devem ser de aço inoxidável, cobre ou outro material imune a corrosão.

## **7.5 Dutos de ar e terminais de ar**

**7.5.1** Os dutos de ar devem ser acessíveis, e providos de portas de inspeção para garantir acesso para limpeza interna quando necessário, seguindo as recomendações da ABNT NBR 14679.

**7.5.2** O tratamento acústico no interior dos dutos metálicos, quando utilizado, deve ser de material revestido que não desprenda fibras ou material particulado e que permita sua limpeza ou fácil substituição.

**7.5.3** Toda rota de circulação de ar deve ser passível de limpeza e higienização e, se possível, de uso exclusivo.

## **7.6 Atenuadores de ruído**

Os atenuadores de ruído devem apresentar superfícies em contato com o ar resistente à abrasão. O material acústico absorvente deve ser revestido por película plástica resistente de fácil limpeza e protegida por chapa metálica perfurada ou tela metálica, quando aplicável.

# **8 Requisitos de manutenção relativos à qualidade do ar**

**8.1** A manutenção do sistema de ar-condicionado deve ser cuidadosamente planejada e executada. A manutenção não tem apenas a finalidade de manter os equipamentos e a instalação em condições de funcionamento mecânico e elétrico. De igual importância, sua finalidade é também garantir a qualidade do ar de interior. Uma manutenção inadequada pode ser a causa principal de uma má qualidade do ar.

**8.2** As atividades de manutenção devem ser executadas de acordo com o estipulado nas ABNT NBR 13971 e ABNT NBR 14679 e obedecendo à Portaria GM/MS nº 3523, assim como devem assegurar o cumprimento do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) exigido na Portaria.

**8.3** O plano de manutenção deve se adequar às condições de operação e conservação dos sistemas e ao grau de importância e risco operacional aos quais estão submetidos, aplicando conceitos de engenharia de manutenção para a sua elaboração.

**8.4** Os seguintes parâmetros devem ser fornecidos pelo projetista ou pelo instalador, com base em informações do fabricante, para constar no plano de manutenção e operação:

- o conjunto de referências (temperaturas, pressões, tensão, corrente etc.) de cada equipamento que compõe o sistema do ar-condicionado;
- a vazão de ar exterior necessária para atender ao cálculo estipulado em 5.2.3, para cada condicionador ou conjunto de condicionadores agrupados em sala de máquinas.

**8.5** O responsável pela manutenção deve ter acesso aos documentos listados em 4.6.

## Anexo A (informativo)

### Questionário para avaliação

#### A.1 Orientação e interpretação das informações

As informações obtidas servem como parâmetro da percepção humana da qualidade do ar de interiores e ajudam na identificação e caracterização de eventuais problemas na qualidade do ar. O melhor proveito do questionário é obtido quando esse é respondido de forma anônima e realizado na totalidade ou em amostras da população estudada. Os usuários devem ser informados quanto à confidencialidade das informações e estas não devem ser usadas para nenhum outro fim.

Qualquer resposta que não seja adequada da percepção é indicativa de qualidade do ar inadequada. Ar parado, viciado e pesado são indicativos de deficiência na renovação do ar.

Qualquer percepção da temperatura que não seja adequada indica deficiência no controle de temperatura do ar.

Qualquer percepção incômoda de corrente de ar é indicativa de má distribuição do ar.

Odores presentes todo o tempo são provavelmente associados com a estrutura da edificação e com os móveis e revestimentos. Odores ocasionais podem ser devido à atividade intermitente dos ocupantes, funcionamento intermitente do sistema de climatização ou fatores externos. Freqüentemente é necessária uma avaliação mais detalhada para se definir a causa.

O tabagismo permitido em ambientes interiores é freqüentemente associado à piora da de qualidade do ar.

Pessoas com alergias respiratórias (rinite ou asma) ou cutâneas (urticária, dermatite de contato) possuem limiares de percepção diferentes e podem ser afetados por concentrações de poluentes que não incomodam aos outros. Nessas situações é recomendável procurar aconselhamento de profissional da saúde.

Os tipos de sintomas possivelmente relacionados a problemas da qualidade do ar e o seu tempo de aparecimento são informações úteis na caracterização das situações problemáticas

Informações adicionais como a situação de aparecimento de eventuais queixas e relação com as condições climática e atividades específicas podem ajudar a caracterizar as situações relacionada com fatores de piora da qualidade do ar.

#### A.1.1 Recomendação

O percentual de satisfeitos com a qualidade do ar do local deve estar acima de 80 % das amostras verificadas.

Quaisquer dos sintomas descritos acima com piora local em mais de 20 % da população, bem como os casos apontados por usuários, demandam uma avaliação dos ambientes.

#### A.1.2 Referência

*Indoor Air Quality Test KIT. Building performance division technology. Architectural and Engineering Services. Public works Canada 1989; Ottawa, Canada.*

**A.2 Questionário**

Nº \_\_\_\_\_

Descreva o local do prédio onde você passa a maior parte do tempo?

**Localização:** \_\_\_\_\_  
 Marque com um x nos quadros abaixo

**1- Como você descreveria a qualidade do ar nesse local?**

adequado     parado     pesado     abafado (viciado)

**2- Descrever a temperatura usual nesse local:**

adequada     muito quente     muito fria     algumas vezes muito quente, algumas vezes muito fria

**3- Você fica freqüentemente incomodado (a) nesse local com correntes de ar?**  Sim     Não

**4- Você se sente incomodado (a) com o cheiro/odor desse local?**  Sim     Não

Se SIM, qual a freqüência que você sente esse cheiro?

raramente     ocasionalmente     freqüentemente     todo o tempo

**Qual dos tipos abaixo descreve esse(s) cheiro(s)?**

<input checked="" type="checkbox"/> fumaça de carros	<input type="checkbox"/> cigarro	<input type="checkbox"/> cheiro de queimado	<input type="checkbox"/> cheiro de sistemas de aquecimento (ar-condicionado)
<input checked="" type="checkbox"/> tinta	<input type="checkbox"/> mofo	<input type="checkbox"/> produtos químicos	<input type="checkbox"/> odores humanos (corporais)
<input type="checkbox"/> algum solvente	<input type="checkbox"/> cimento	<input type="checkbox"/> cheiro de óleo	<input type="checkbox"/> esgoto

Que você acha que causa este cheiro?

---



---

**5- O tabagismo é permitido nesse local?**  Sim     Não - **Você fuma?**  Sim     Não

**6- Você tem história de alergias?**  Sim     Não

Se SIM, o tipo de alergia é:  respiratória     pele     alimentos     ocular     outra

**Onde sua alergia piora**  casa     trabalho     rua     outros

**7- Qual dos seguintes itens abaixo que você sofre e que você acha que pode estar relacionado a esse local?**

<input checked="" type="checkbox"/> dor de cabeça	<input type="checkbox"/> cansaço	<input type="checkbox"/> fraqueza	<input type="checkbox"/> dificuldade para respirar	<input type="checkbox"/> náusea
<input checked="" type="checkbox"/> secura nos olhos	<input type="checkbox"/> espirros	<input type="checkbox"/> lacrimejamento	<input type="checkbox"/> problemas no estômago	<input type="checkbox"/> tontura
<input checked="" type="checkbox"/> visão embaçada	<input type="checkbox"/> nariz entupido	<input type="checkbox"/> coriza	<input type="checkbox"/> dor de garganta	<input type="checkbox"/> asma
<input type="checkbox"/> garganta seca	<input type="checkbox"/> coceira nos olhos	<input type="checkbox"/> tosse	<input type="checkbox"/> irritação na pele	<input type="checkbox"/> outro

**8- A que horas do dia você acredita que suas queixas pioram?**

manhã     tarde     é o mesmo durante todo o dia

**Em que dia da semana suas queixas são piores?**

segunda-feira     meio da semana     sexta-feira     fim-de-semana     igual durante toda semana

**Em que estação do ano suas queixas pioram?**

primavera     verão     outono     inverno     o mesmo durante todo o ano

**Os sintomas que você sente coincidem com a hora de limpeza ou manutenção dessa área?**  Sim     Não

Se SIM, descreva essa atividade:

---



---



---



---



---

**Comentários:**


---



---



---



---



---

## Anexo B (informativo)

### Poluentes químicos do ambiente interior

Este Anexo lista alguns poluentes químicos comuns e indica as concentrações consideradas aceitáveis por diversas entidades internacionais.

Os valores indicados têm caráter informativo, não sendo obrigatória sua medição ou acompanhamento periódico, mas permitem aos profissionais da área avaliar os possíveis efeitos destes poluentes sobre a saúde e o bem-estar das pessoas.

**Tabela B.1 — Concentração máxima de alguns poluentes do ambiente interior**

Poluente	Limite	Fontes	Comentários
Monóxido de carbono (CO) <sup>a</sup>	9 ppm (8h)	Queima de combustíveis, e gás, gasolina, óleo diesel, carvão etc. Captação de ar de garagens e estacionamentos ou de ruas muito movimentadas Vazamentos de aquecedores ou caldeiras a gás	Ambientes com elevadas concentrações de CO devem ser investigados, para localização da fonte O CO é um gás asfixiante que reduz a oxigenação do sangue Limite estipulado com base na sensibilidade de pessoas com enfermidades coronárias
Formaldeído (HCHO) <sup>b</sup>	27 ppb (8h)	Colas, verniz, retardantes de chamas, aglomerados de madeira	Inalação de elevadas concentrações de formaldeído pode causar sintomas respiratórios, irritação nos olhos, nariz e garganta Estudos relacionam o formaldeído a câncer de pulmão e câncer das células naso-faríngeas A EPA classificou o formaldeído no Grupo B1 - provável carcinogênico humano com risco de nível médio
Dióxido de nitrogênio <sup>a</sup>	100 µg/ m <sup>3</sup>	Vazamento de equipamentos com queima incompleta de combustível (caldeiras, fogões, aquecedores) Cigarro Queima de gás, gasolina, diesel, gás natural, carvão, óleo	É um irritante de mucosas dos olhos, nariz e garganta, sendo ainda um indutor de crise de asma O dióxido de nitrogênio ambiental é um componente da chuva ácida (os aerossóis ácidos)
Material particulado (PM <sub>10</sub> ) <sup>a</sup>	50 µg/ m <sup>3</sup>	Degradação do material sólido Poeira proveniente de limpeza, processos industriais, trânsito, queima de combustível, fragmentação de papel etc.	Baseado em proteger a população em geral de doenças respiratórias e evitar a indução de crise de asma. Exposição média de um ano, se não possuir material carcinogênico Irritação de olhos, nariz e garganta Co-fator de bronquites e crises de asma

**Tabela B.1** (continuação)

Poluente	Limite	Fontes	Comentários
Dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) <sup>a</sup>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Queima de carvão e óleo que contenham elevadas concentrações de enxofre Normalmente deve ser pesquisado em usinas siderúrgicas e papel	Problemas respiratórios e danos irreversíveis ao pulmão
Ozônio ( $\text{O}_3$ ) <sup>c</sup>	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3(8)$	Campos eletromagnéticos Equipamentos de escritório Geradores de ozônio Ar exterior	Causador de problemas respiratórios, redução da função do pulmão, asma, irritante dos olhos, nariz, reduz a resistência orgânica aos resfriados e outras infecções O ozônio em baixos níveis de concentração pode contribuir à degradação da qualidade do ar de interiores, pela formação de substâncias indesejadas pela oxidação
Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) <sup>d</sup>	3 500 ppm	Combustão completa de produtos orgânicos Respiração humana	O $\text{CO}_2$ não é tóxico, irritante e de nenhuma maneira nocivo à saúde ou ao bem-estar, exceto em concentrações altas, quando desloca o oxigênio do ar em proporção tal que dificulta a respiração, podendo se tornar fator asfixiante Ver Anexo C

a US EPA - Environmental Protection Agency – 2000 - National ambiental air quality standards

b California Environmental Protection Agency – Office of Environmental Health Hazard Assessment – 1999

c US FDA - Food and Drug Administration - 1986 - Code of federal regulations – Title 21 - Maximum acceptable levels of ozone

d Health Canada – 1995 – Exposure guidelines for residential indoor air quality

Fonte: ANSI/ASHRAE 62.1-2004 – Anexo B.

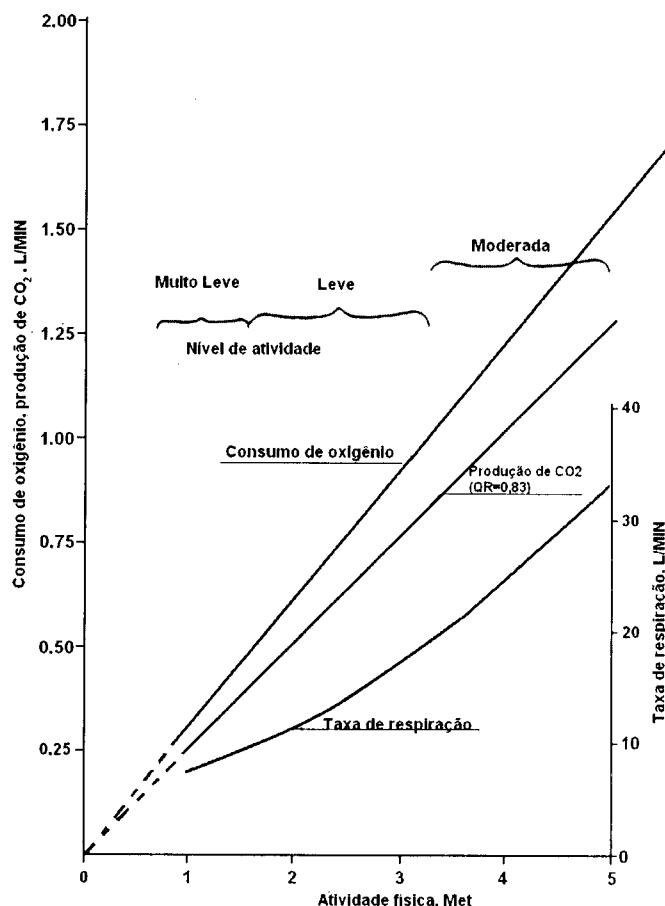
## Anexo C (informativo)

### **CO<sub>2</sub> e qualidade do ar interior**

#### C.1 Parâmetros fisiológicos

Para sustentar o metabolismo, o organismo consome oxigênio e produz dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e vapor de água, eliminados pela respiração. O quociente respiratório QR é a relação volumétrica do CO<sub>2</sub> produzido para o oxigênio consumido. Para uma dieta normal equilibrada, QR é aproximadamente igual a 0,83.

A taxa de oxigênio consumido e de CO<sub>2</sub> produzido depende da taxa de respiração correspondente ao nível de atividade física, portanto do metabolismo, como indicado na Figura C.1.



**Figura C.1 – Taxa de respiração, consumo de oxigênio e produção de CO<sub>2</sub> em função do metabolismo**

## C.2 CO<sub>2</sub> e taxa de ar exterior

Uma equação simples determina a vazão de ar exterior necessária para manter, em condições de equilíbrio estável (raramente verificadas na prática), a concentração volumétrica de CO<sub>2</sub> no recinto abaixo de determinado nível:

$$V_0 = N/(C_s - C_0) \text{ ou}$$

$$C_s - C_0 = N/V_0$$

onde

$V_0$  é a vazão de ar exterior por pessoa;

$V_e$  é a taxa de respiração;

$N$  é a taxa de geração de CO<sub>2</sub> por pessoa;

$C_e$  é a concentração de CO<sub>2</sub> no ar exalado;

$C_s$  é a concentração de CO<sub>2</sub> no recinto;

$C_0$  é a concentração de CO<sub>2</sub> no ar exterior.

Estudos de laboratório têm estabelecido que, num recinto ocupado por pessoas sedentárias ou em atividade leve (metabolismo de 1,2 met), ventilado com 7,5 L/s (450 L/min) por pessoa de ar exterior, 80 % ou mais das pessoas que acabam de entrar no recinto são suscetíveis de considerar aceitável o nível de odores do recinto (para pessoas já adaptadas ao recinto - no recinto há mais de 15 min - a mesma taxa de aceitação se dá com taxa de ventilação muito menor).

Com uma vazão de 7,5 L/s (450 L/min) de ar exterior por pessoa, tem-se a elevação da concentração no recinto em relação ao ar exterior, em condições de equilíbrio estável:

$$C_s - C_0 = 0,31/450 = 0,000689 \text{ L/min ou } 700 \text{ ppm}$$

e uma concentração no recinto de 1 100 ppm a 1 300 ppm, admitindo a concentração de 400 ppm a 600 ppm freqüentemente verificada no ar exterior.

## C.3 CO<sub>2</sub> como indicador de qualidade do ar

A emissão de CO<sub>2</sub> pela respiração é acompanhada da emissão dos demais efluentes biológicos humanos como odores, também resultados da atividade metabólica das pessoas. Por este motivo, a concentração de CO<sub>2</sub> no recinto acima da concentração no ar exterior é considerada um indicador válido do nível de poluição produzido pelas pessoas.

Não pode ser considerado, no entanto, um indicador da qualidade do ar do recinto, pois inúmeros poluentes químicos presentes, além dos produzidos pelas pessoas, não têm nenhuma relação com a concentração de CO<sub>2</sub>.

A concentração máxima de CO<sub>2</sub> de 1 000 ppm no recinto é freqüentemente citada como critério de qualidade de ar, aceitável do ar interior. Este critério supõe as seguintes condições essenciais, porém não explicitadas, o que leva à interpretação distorcida:

- a concentração no ar exterior é assumida arbitrariamente em 300 ppm (quando normalmente este valor oscila entre 400 ppm a 600 ppm). Uma medição acima de 1 000 ppm não indica que o critério não é satisfeito, desde que a medição não ultrapasse em mais de 700 ppm a concentração no ar exterior.

## Anexo D

### Exemplo de cálculo de vazão de ar exterior

#### D.1 Dados de projeto

Escrítorios em São Paulo – densidade do ar local 1,09 kg/m<sup>3</sup>

Sistema: VAV - vazão de ar exterior constante

Distribuição de ar convencional: insuflação pelo teto – retorno baixo.

Zonas de ventilação ver Tabela D.1

**Tabela D.1 – Zonas de ventilação**

	Zona de ventilação	A <sub>z</sub> m <sup>2</sup>	P <sub>z</sub>	V <sub>t</sub> máx L/s	V <sub>t</sub> mín. L/s
Z 1	Diretoria	40	3	400	160
Z 2	Escrítorios A	90	12	1 100	440
Z 3	Escrítorios B	25	3	250	100
Z 4	Escrítorio panorâmico	150	20	1 200	760
Z 5	Salas de reunião	20	10	250	100
Z 6	Sala digitação	20	12	400	200
Total		345	60	3 600	
Máx. simult.			48		

#### D.2 Vazões de ar exterior – Nível 1

Referência		Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Σ Zonas
	Vazões de projeto das zonas V <sub>z</sub>							
	P <sub>z</sub>	3	12	3	20	10	12	60,0
Tabela 1 - nível 1	F <sub>p</sub>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
	A <sub>z</sub>	40,0	90,0	25,0	150,0	20,0	20,0	345
Tabela1 - nível 1	F <sub>a</sub>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Tabela 2	E <sub>z</sub>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	V <sub>ef</sub> = P <sub>z</sub> * F <sub>p</sub> + A <sub>z</sub> * F <sub>a</sub>	20	57	15	95	31	36	
	V <sub>z</sub> = V <sub>ef</sub> / E <sub>z</sub>	20	57	15	95	31	36	
Correção referente à densidade	Vz*1,10	21	63	17	105	34	40	279
	Vazão total do sistema Vs							
	P <sub>s</sub>							48
	D = Ps / Σ Pz							0,8
	P <sub>z</sub> * F <sub>p</sub>	7,5	30,0	7,5	50,0	25,0	30,0	150
	D * Σ(Pz * Fp)							120
	A <sub>z</sub> * F <sub>a</sub>	12,0	27,0	7,5	45,0	6,0	6,0	104
	V <sub>t</sub> mín.	160,0	440,0	100,0	760,0	100,0	200,0	
	Zae = Vz*1,1 / V <sub>t</sub>	0,13	0,14	0,17	0,14	0,34	0,20	
Tabela 3	E <sub>v</sub>					0,8		
	D * Σ(Pz * Fp) + ±Σ(Az * Fa)							224
	Vs = [D * Σ(Pz * Fp) + Σ(Az * Fa)] / Ev							279
Correção referente à densidade	Vs*1,1							307

Vazão média por pessoa resultante (corrigida pela densidade do ar):

Aparente (base  $\Sigma V_z$ , sem correção para distribuição no sistema)

$$(60 \text{ pessoas}) 279/60 = 4,65 \text{ L/s ou } 16,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Real (base  $V_t$ , com correção para distribuição no sistema)

$$(48 \text{ pessoas}) 307/48 = 6,4 \text{ L/s ou } 23,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

### D.3 Vazões de ar exterior - Nível 3

Referência		Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	$\Sigma$ Zonas
	Vazões de projeto das zonas $V_z$							
	$P_z$	3	12	3	20	10	12	60,0
Tabela 1 - nível 3	$F_p$	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
	$A_z$	40,0	90,0	25,0	150,0	20,0	20,0	345
Tabela 1 - nível 3	$F_a$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Tabela 2	$E_z$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	$V_{ef} = P_z * F_p + A_z * F_a$	31	91	24	151	48	56	
	$V_z = V_{ef} / E_z$	31	91	24	151	48	56	
Correção referente à densidade	$Vz*1,10$	35	100	26	166	53	61	441
	Vazão total do sistema $V_s$							
	$P_s$							48
	$D = Ps / \Sigma Pz$							0,8
	$P_z * F_p$	11,4	45,6	11,4	76,0	38,0	45,6	228
	$D * \Sigma (P_z * F_p)$							182
	$A_z * F_a$	20,0	45,0	12,5	75,0	10,0	10,0	173
	$V_t \text{ mín.}$	160,0	440,0	100,0	760,0	100,0	200,0	
	$Zae = Vz*1,1 / Vt$	0,22	0,23	0,26	0,22	0,53	0,31	
Tabela 3	$E_v$					0,6		
	$D * \Sigma (Pz * Fp) + \Sigma (Az * Fa)$							355
	$Vs = [D * \Sigma (Pz * Fp) + \Sigma (Az * Fa)] / Ev$							592
Correção referente à densidade	$Vs*1,1$							651
	Verificar aumentar $Vt$ mínima da Z 5 para reduzir $Vs$ :							
	$Vt \text{ mín.}$	160,0	440,0	100,0	760,0	125,0	200,0	
	$Zae = Vz*1,1 / Vt$	0,22	0,23	0,26	0,22	0,42	0,31	
Tabela 3	$E_v$					0,7		
	$D * \Sigma (Pz * Fp) + \Sigma (Az * Fa)$							355
	$Vs = [D * \Sigma (Pz * Fp) + \Sigma (Az * Fa)] / Ev$							507
Correção referente à densidade	$Vs*1,1$							558

Vazão média por pessoa resultante (corrigida pela densidade do ar):

Aparente (base  $\Sigma V_z$ , sem correção para distribuição no sistema)

$$(60 \text{ pessoas}) 441/60 = 7,35 \text{ L/s ou } 26,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Real (base  $V_t$ , com correção para distribuição no sistema)

$$(48 \text{ pessoas}) 558/48 = 11,6 \text{ L/s ou } 41,9 \text{ m}^3/\text{h}$$