

ENTRAC 2025 - Porto Alegre – RS

NBR 16.401 – Discussões e Soluções

MÁRIO ALEXANDRE MÖLLER FERREIRA

NBR 16.401 – Pontos questionados

- Lançamento Nova Norma em novembro de 2024
- Janeiro de 2025 algumas perguntas e questionamento
- Acréscimo Vazões de Ar Exterior
- Subterfúgios para reduzir Ar Exterior
- Forma de apresentação Seção 5
- Definições

NBR 16.401 – Pontos em Destaque

- Limites de fornecimento para Projetos
- Nova metodologia para minimizar vazamentos em dutos de insuflação
- Lista dados climáticos das cidades com nova disposição
- Nova metodologia para renovação de AR
- Nova metodologia para filtragem do AR
- Ampliação de dados em tabela

NBR 16.401 – Parte 1 - Projetos

- Limites de fornecimento Projetos e Instalação
- Documentos para entrega de obra
- Comissionamento
- Nova metodologia para minimizar vazamentos em dutos de insuflação
- Lista dados climáticos das cidades com nova disposição
- Dados dissipação para cálculos

4 Procedimento de elaboração e documentação do projeto

A elaboração do projeto deve ocorrer em etapas sucessivas, dividindo o procedimento de desenvolvimento das atividades técnicas, de modo a se obter uma evolução positiva e consistente da concepção adotada para as instalações e a integração destas com a edificação e seus componentes, assegurando o atendimento aos requisitos de desempenho e qualidade especificadas pelo contratante.

A elaboração do projeto deve ser realizada considerando as seguintes etapas:

- a) estudo preliminar (concepção inicial da instalação pelo projetista);
- b) anteprojeto (definição das instalações pelo projetista);
- c) projeto básico (identificação e solução de interface pelo projetista);
- d) projeto para execução (pelo projetista);
- e) projeto de detalhamento para execução (pela instaladora);
- f) projeto conforme construído (pela instaladora).

Cabe ao projetista executar as atividades e fornecer ao contratante os documentos de acordo com o estipulado em 4.1 a 4.5. O estipulado em 4.6 e 4.7 são de responsabilidade da empresa executora da obra.

10.4.1.3 A classe de pressão de cada trecho de duto deve ser indicada no desenho do projeto. Não havendo indicação, deve ser assumido que a classe é 250, exceto nos trechos a montante das caixas VAV em sistemas de vazão variável, em que deve ser assumida a classe 500.

Tabela 1 – Classes de pressão

Classe de pressão estática	Pressão estática de operação Pa	Tipo de pressão	Velocidade máxima m/s
125	Abaixo de 125	Positiva/negativa	10
250	Acima de 125 até 250	Positiva/negativa	12,5
500	Acima de 250 até 500	Positiva/negativa	12,5
750	Acima de 500 até 750	Positiva/negativa	20
1 000	Acima de 750 até 1 000	Positiva	20
1 500	Acima de 1 000 até 1 500	Positiva	Conforme especificado
2 500	Acima de 1 500 até 2 500	Positiva	Conforme especificado

Tabela 2 – Valores de referência de vazamentos para rede de dutos (continua)

Tipo de sistema	Pressão estática de trabalho (valor de referência)^{a, b} Pa	Vazamento admissível em porcentagem (pc_v) da vazão de ar total da rede de dutos^c %	Porcentagem sugerida de área de duto a ser ensaiada durante a montagem %
Sistemas de baixa capacidade, sistemas pequenos de exaustão/ retorno, sistemas residenciais	125	5	0 a 10
Insuflação, retorno e exaustão de sistemas de zona única e multizonas	500	5	20 a 30
Sistemas de dutos duplos tanto para resfriamento como para aquecimento	1 500	5	20 a 30
Insuflação de sistemas VAV ^d e CAV ^d	A montante da caixa 1 000	5	20 a 30
	A jusante da caixa 250		
	Caixa e montante 750		

Vazão de insuflação (Q_t) = 1 800 L/s

Percentual de vazamento $pc_v = 4 \%$

Área de dutos = 190 m²

Pressão estática de trabalho = 500 Pa

Percentual de dutos a serem ensaiados = 30 %

Cálculo do vazamento admissível (Q_{vz})

$$Q_{vz} = Q_t \times (pc_v/100)$$

$$Q_{vz} = 1800 \times (4/100) = 72 \text{ L/s}$$

— definido no projeto

— definido no projeto, conforme 10.4.2.3

— definido no projeto

— definido no projeto

— definido no projeto, conforme 10.4.2.3

— Equação 4

90

© ABNT 2024 - Todos os direitos reservados

revisado por: Mário Alexandre Möller Ferreira

ABNT NBR 16401-1:2024

Cálculo da taxa de vazamento (Q_{tx_v})

— Equação 3

$$Q_{tx_v} = Q_{vz}/A$$

$$Q_{tx_v} = 72/190 = 0,3789 \text{ L/s m}^2$$

Classe de vazamento (C_L)

— Equação 1

$$C_L = Q_{tx_v} \times 1\,000/P^{0,65}$$

$$C_L = 0,3789 \times 1\,000/500^{0,65} = 6,67 \rightarrow 7$$



Tabela D.1 – Classe de vazamento de dutos

C _L - Classe de vazamento											
Pressão estática - Pa		50	100	200	300	400	500	1000	1500	2000	2500
	0.1	8	5	3	2	2	2	1	1	1	1
	0.2	16	10	6	5	4	4	2	2	1	1
	0.3	24	15	10	7	6	5	3	3	2	2
	0.4	31	20	13	10	8	7	4	3	3	2
	0.5	39	25	16	12	10	9	6	4	4	3
	0.6	47	30	19	15	12	11	7	5	4	4
	0.7	55	35	22	17	14	12	8	6	5	4
	0.8	63	40	26	20	16	14	9	7	6	5
	0.9		45	29	22	18	16	10	8	6	6
	1		50	32	25	20	18	11	9	7	6
	1.1		55	35	27	22	19	12	9	8	7
	1.2		60	38	29	24	21	13	10	9	7
	1.3		65	42	32	26	23	15	11	9	8
	1.4		70	45	34	28	25	16	12	10	9
	1.5			48	37	31	26	17	13	11	9
	1.6			51	39	33	28	18	14	11	10
	1.7			54	42	35	30	19	15	12	11
	1.8			57	44	37	32	20	16	13	11
	1.9			61	47	39	33	21	16	14	12
	2			64	49	41	35	22	17	14	12

Tabela A.2 (conclusão)

Cidade	Estado	Local – Aeroporto	Latitude graus	Longitude graus	Elevação m	Pressão atmosférica kPa	Fuso horário h
Palmas	TO	Lysias Rodrigues	10,283 S	48,350 O	236	98,52	–3,0
Porto Alegre	RS	Salgado Filho	29,994 S	51,171 O	3	101,28	–3,0

**Tabela A.3 – Parâmetros de projeto – Aquecimento e umidificação – tbs mínimo –
Umidade absoluta mínima (continua)**

Cidade	Estado	Local – Aeroporto	Mês mais frio	Aquecimento		Umidificação tpo/tbs coincidente/ W					
				99,6 %	99 %	99,6 %			99 %		
				tbs	tbs	tpo °C	W g/kg	tbs _c	tpo °C	W g/kg	tbs _c
Anápolis	GO	Anapólis (SWNS)	6	13,2	14,2	3,0	5,4	23,8	4,8	6,1	22,9

Tabela A.4 – Parâmetros de projeto – tbs máximo/tbu coincidente (continua)

Cidade	Estado	Local – Aeroporto	Mês mais quente		tbs máximo/tbu coincidente					
			Mês	Variação diária	0,4 %		1 %		2 %	
				Δtbs	tbs	tbu _c	tbs	tbu _c	tbs	tbu _c
Anápolis	GO	Anapólis (SWNS)	9	11,8	32,9	18,9	31,8	19,2	30,8	19,6

Tabela A.5 – Parâmetros de projeto – tbu máximo/tbs coincidente (continua)

Cidade	Estado	Local Aeroporto	tbu máximo/tbs coincidente					
			0,4 %		1 %		2 %	
			tbu	tbs _c	tbu	tbs _c	tbu	tbs _c
Anápolis	GO	Anapólis (SWNS)	23,9	27,5	23,5	27,3	23,1	27,0

Tabela A.6 – Parâmetros de projeto – Umidade absoluta máxima/tbs coincidente (continua)

Cidade	Estado	Local – Aeroporto	tpo/ ω /tbs _c								
			0,40 %			1 %			2 %		
			tpo °C	ω g/kg	tbs _c	tpo °C	ω g/kg	tbs _c	tpo °C	ω g/kg	tbs _c
Anápolis	GO	Anapólis (SWNS)	23,0	20,4	25,7	22,2	19,4	25,1	22,0	19,2	25,0

Tabela A.7 – Parâmetros de projeto – Velocidade e direção do vento – Verão e inverno (continua)

Cidade	Estado	Local – Aeroporto	Velocidade máxima de vento para tbs 99,6 % – Inverno		Velocidade máxima de vento para tbs 0,4 % – Verão	
			V _V coinc m/s	Direção do vento graus	V _V coinc. m/s	Direção do vento graus
Anápolis	GO	Anapólis (SWNS)	3,8	120	3,3	120

Tabela C.1 – Taxas representativas nas quais o calor e a umidade são dados por seres humanos em diferentes estados de atividade (continua)

Grau de atividade		Calor total W		Calor sensível W	Calor latente W	Porcentagem de calor sensível que é radiante ^b	
		Homem adulto	Ajustado M/F ^a			Baixo V	Alto V
Sentado no teatro	Teatro, tarde	115	95	65	30		
Sentado no teatro à noite	Teatro, noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, em trabalho bem leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45	–	–
Trabalho moderadamente ativo em escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55	–	–
Em pé, trabalho leve; andando	Loja de departamento, loja de varejo	160	130	75	55	58	38

NBR 16.401 – Parte 2 Parâmetros de conforto térmico

Seis principais variáveis que podem ser consideradas na determinação de conforto térmico:

- 1) taxa metabólica;
- 2) isolamento da vestimenta;
- 3) temperatura do ar;
- 4) temperatura radiante média;
- 5) umidade do ar;
- 6) velocidade do ar.

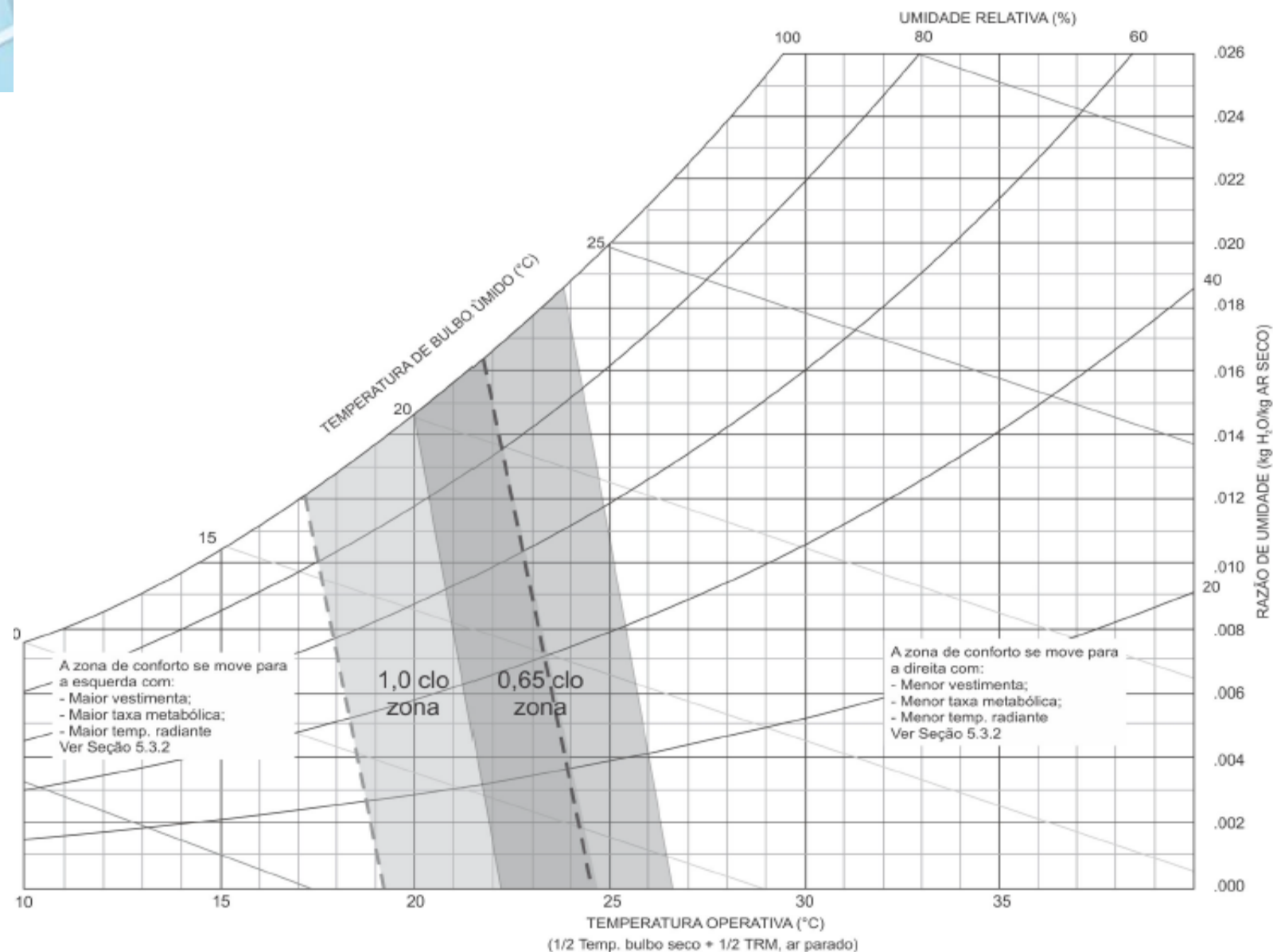


Figura 1 – Exemplo de zona de conforto térmico pelo método analítico – Efeito da elevação no valor da vestimenta (1.0 clo)

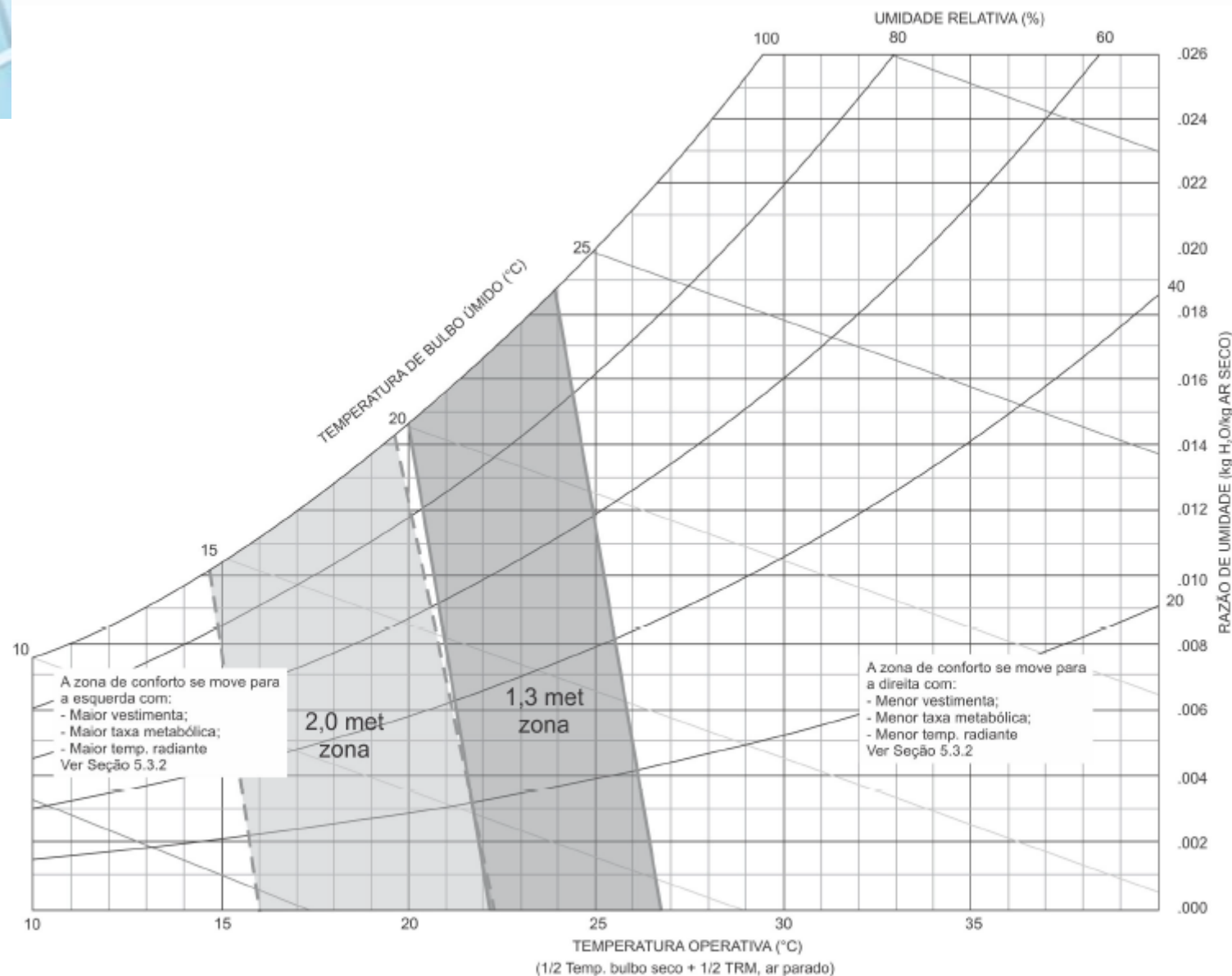


Figura 2 – Exemplo de zona de conforto térmico pelo método analítico – Efeito da elevação no valor da taxa metabólica (2,0 met)



Assimetria da temperatura radiante

O campo radiante ao redor de uma pessoa pode ser assimétrico devido às superfícies frias ou quentes ou à radiação solar direta.

Esta assimetria pode causar desconforto localizado e reduzir a aceitabilidade térmica do ambiente.

Em geral, as pessoas são mais sensíveis às assimetrias causadas por tetos quentes do que às paredes quentes ou frias.

A Figura F.1 apresenta os valores percentuais de ocupantes insatisfeitos em função da assimetria na temperatura radiante causada por tetos quentes, paredes frias, tetos frios e paredes quentes.

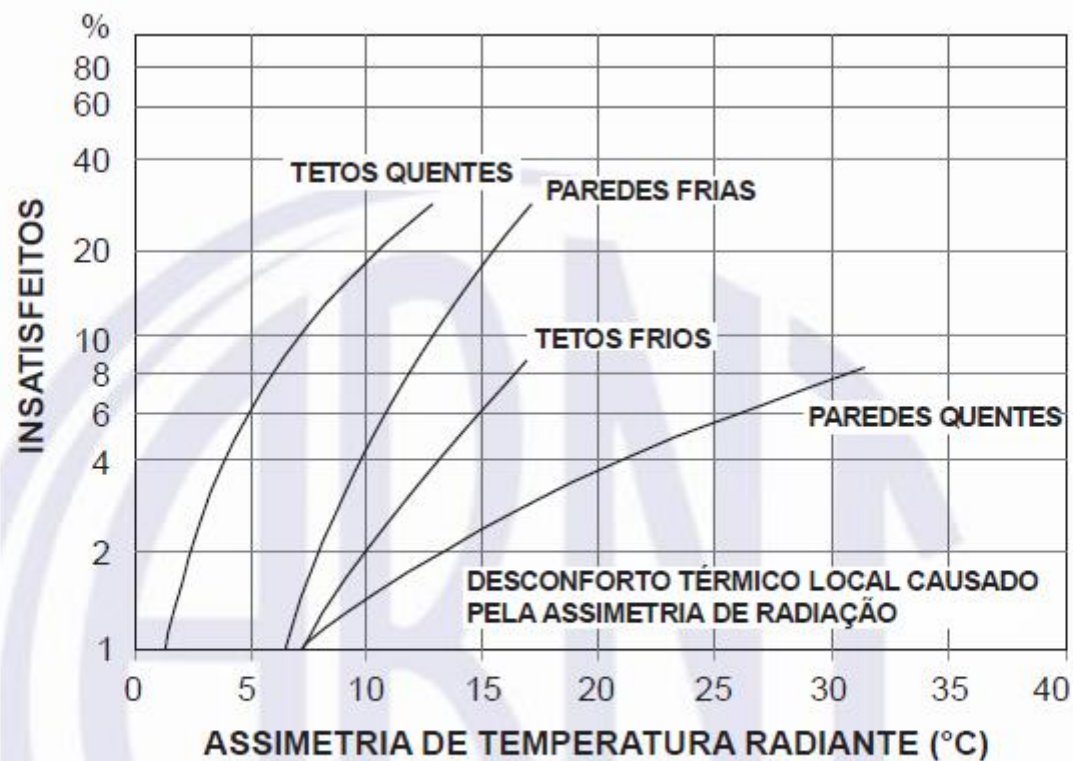



Figura F.1 – Desconforto térmico local causado pela assimetria na temperatura radiante

NBR 16.401 – Parte 3: Qualidade do Ar

Principais pontos para a Qualidade do Ar

- Vazões mínimas para ventilação;
- Níveis mínimos para filtragem
- Requisitos técnicos para sistemas
- Requisitos técnicos para equipamentos
- Procedimentos
- Classes do AR



O teor de dióxido de carbono (CO₂), um gás pouco reativo, torna-se um parâmetro de controle a partir da realidade de sua efetiva elevação na atmosfera mundial, alcançando uma média de 400 ppm e atingindo níveis superiores a 500 ppm em alguns pontos de centros urbanos.

Pode-se inferir que o dióxido de carbono é um marcador químico cuja quantificação é um indicador da presença de contaminantes relacionados a pessoas e/ou a processos específicos, como odores de efluentes biológicos emitidos pelos ocupantes do ambiente. Outros contaminantes como particulados e outros poluentes químicos podem requerer vazões de ar externo diferentes.

Tabela 1 – Taxas mínimas de ventilação na zona de respiração

Local e atividade	Vazão por área útil ocupada F_a L/(s.m2)	Atividade física met	Vazão de dióxido de carbono Q_c L/(s.pessoa)	Densidade ocupacional m2/pessoa	Vazão de ar exterior	
					Diferencial = 500 ppm a	Diferencial = 700 ppm
					Fp – L/s.pessoa	
Comércio varejista						
Supermercado de alto padrão h	0,4	1,7	0,007313	12,5	14,6	10,4
Supermercado de padrão médio h	0,4	1,7	0,007313	10	14,6	10,4
Supermercado popular h	0,4	1,7	0,007313	8,4	14,6	10,4
Mall de centros comerciais h	0,4	1,7	0,007313	2,5	14,6	10,4

h O ar de ventilação para esta categoria de ocupação pode ser reduzido até o valor calculado por área.

5. Sistemas de ventilação personalizados

Ar personalizado

Ar de retorno

Vazão de ar exterior a ser suprida pelo sistema

Sistema com zona de ventilação única

Sistema com zonas múltiplas suprindo 100 % de ar exterior

**Sistema com zonas múltiplas suprindo mistura de ar exterior
e ar recirculado**

Diversidade dos ocupantes

Projeto da população do sistema

Material particulado (PM _{2,5}) (média 24 h)	25 µg/m ³	Não há limite	Produtos de combustão, cozinha, velas, incenso, ar exterior, descarga dos motores a diesel e parques de estacionamento.	--
Material particulado (PM ₁₀) (média 24 h)	50 µg/m ³	Não há limite	Degradação de material sólido. Poeira proveniente de limpeza, processos industriais, trânsito, queima de combustível, fragmentação de papel etc.	Pode provocar doenças respiratórias na população em geral e induzir a crises de asma, bem como provocar irritação de olhos, nariz e garganta, que são cofatores de bronquites e crises de asma.

Tabela D.5 – Metodologia de cálculo para sistemas com zonas múltiplas suprimdo mistura de ar exterior e ar recirculado

Referência	Vazão total do sistema Q_s	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Total
$Q_{smin} = Q_{z.1,5}$	Vazão de ar primário mínima da zona	24	97	24	162	74	97	479
E_v	Eficiência do sistema de ventilação em suprir vazão eficaz de ar exterior requerida em cada zona de ventilação, ver Equações (7) e (8).				0,75			
$Q_s = Q_z / E_v$	Vazão corrigida de ar exterior, L/s	32	130	32	216	98	130	639
Correção para massa específica	$Q_s \times$ massa específica	36	143	36	238	108	143	703

Filtragem e depuração do ar

O sistema de condicionamento de ar deve remover continuamente os contaminantes, sólidos, gasosos e biológicos, contidos no ar exterior de renovação e no ar interior, com a finalidade de assegurar a qualidade do ar ambiente, conforme as seguintes orientações:

- a) redução da acumulação de poluentes nos equipamentos e dutos do sistema;
- b) redução da concentração de poluentes no recinto a níveis aceitáveis de qualidade do ar para o material particulado ($PM_{2,5}$) de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme a Tabela B.1;
- c) níveis de filtragem do ar, bem como o processo de cálculo para sistemas com condições específicas, de acordo com o Anexo E;
- d) remoção de contaminantes gasosos e biológicos, por diluição, por meio da admissão de ar exterior, utilizando como marcador a concentração de CO_2 , ou por tecnologias de remoção (adsorção, absorção, fotocatalise, ozônio, ionização, entre outros), desde que validadas por resultados formalizados de ensaios quanto à sua eficácia e segurança, atendendo aos níveis de concentração dos contaminantes que estão sendo monitorados e estejam de acordo com os valores da Tabela B.1 e da referência bibliográfica [5];

ITENS IMPORTANTES A REVISAR NBR16401-3:

- Definições
- Sistemas e Equipamentos
- Organização dos tipos de sistemas de Ventilação
- Notas da tabela 1 ! Nota h (simplifica o cálculo da vazão considerando apenas a área física)
- Fator 1,5 (somente para estimativas)
- Equações com erros: por exemplo, no apêndice D, vazões com correções para massa específica.





Agradeço à Nova Técnica Editorial

Agradeço a atenção dos participantes !!!