

Recomendação Normativa ABRAVA
RN 03 - 2003
SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR PARA CONFORTO
PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO

Sumário

1. Objetivo
2. Definições
3. Condições gerais
4. Parâmetros de conforto
5. Avaliação e controle

1. OBJETIVO

1.1 Esta RN define os parâmetros ambientais de conforto térmico em locais providos de sistema de condicionamento de ar para conforto.

1.2 Esta RN não se aplica a sistemas de condicionamento de ar especiais ou ligados a processo industrial, tais como hospitais, salas limpas, industria farmacêutica e outras, onde o controle da qualidade do ambiente interior apresenta exigências específicas.

2. DEFINIÇÕES

Para efeito desta RN adotam-se as seguintes definições:

Conforto térmico

É “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico” (ASHRAE).

Temperatura do ar

Temperatura medida com termômetro de bulbo seco.

Temperatura operativa

Temperatura uniforme de um recinto preto imaginário, no qual uma pessoa trocaria a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no recinto não uniforme real.

Com velocidade do ar inferior a 0,4 m/s, é aproximadamente igual à média aritmética da temperatura do ar e da temperatura radiante média do recinto.

Temperatura radiante média

É a temperatura uniforme da superfície de um recinto preto imaginário no qual uma pessoa trocaria a mesma quantidade de calor radiante que no recinto real não uniforme.

Temperatura radiante plana

É a temperatura uniforme de um recinto no qual o fluxo radiante incidente sobre um lado de um pequeno elemento plano é o mesmo que no recinto considerado.

Temperatura radiante, assimetria da

É a diferença entre a temperatura radiante plana dos lados opostos de um pequeno elemento plano.

Termômetro de globo

Termômetro com o elemento sensor inserido no centro de uma esfera metálica oca, de cor cinza escura, com diâmetro de 50 a 100 mm.

Turbulência do ar

É a relação do desvio padrão da velocidade do ar para a velocidade média. O fator de turbulência é geralmente expresso em porcentagem.

Zona ocupada

É a região do recinto normalmente ocupada por pessoas, compreendida entre o piso e 1,80m, e afastada mais de 0,60m das paredes e de componentes do sistemas de condicionamento de ar.

3. CONDIÇÕES GERAIS

3.1 Esta RN adota os critérios de conforto térmico da norma ANSI/ASHRAE 55-1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

3.2 O conforto térmico é uma sensação essencialmente subjetiva. Devido às diferenças de sensibilidade ou de preferência individual, não é possível estabelecer condições ambientais que sejam consideradas satisfatórias por 100% das pessoas. Adotando o critério da norma ASHRAE, os parâmetros ambientais estipulados nesta RN objetivam resultar em ambiente térmico suscetível de ser considerado satisfatório por 80% ou mais das pessoas.

4. PARÂMETROS DE CONFORTO

4.1 Fatores do conforto térmico

4.1.1 O conforto térmico depende dos seguintes parâmetros ambientais:

- a temperatura;
- a radiação térmica;
- a umidade relativa;
- a velocidade média do ar.

4.1.2 Os parâmetros ambientais que propiciam condições satisfatórias de conforto térmico dependem

- do tipo de roupa usado pelas pessoas, que determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente, expressa em "clo" ($1\text{ clo} = 0,155\text{m}^2\text{K/W}$);
- do nível de atividade física das pessoas, que determina sua taxa de metabolismo, geralmente expressa em "met" ($1\text{ met} = 58,2\text{ Watt/m}^2$). Admitindo uma superfície média de $1,8\text{ m}^2$ para o corpo de um adulto, teremos aproximadamente $1\text{ met} = 105\text{ W}$.
Tipos de atividade e taxas de metabolismo para alguns ambientes típicos estão indicados na Tabela 1

Tabela 1

Tipo de atividade e taxa de metabolismo para alguns ambientes típicos

Tipo de atividade	Ambiente típico	Taxa de metabolismo
Em repouso	Auditório, cinema, teatro. sala de aula	1,0 met
Sedentária	Escritório, restaurante, laboratório	1,2 met
Leve – em movimento	Loja de departamentos, mall de centro comercial, supermercado, industria leve	1,6 met
Média - em movimento ativo	Industria média, salão de baile	2,0 met ou mais

4.2 Parâmetros ambientais de conforto

4.2.1 Temperatura operativa

4.2.1.1 Valores recomendados

Os valores recomendados para a temperatura operativa estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2

Faixas de conforto para a temperatura operativa

Nível de atividade	Tipo de roupa	
	0,5 clo (Verão)	0,9 clo (Inverno)
≤ 1,2 met	23 a 26°C	20 a 23°C
1,6 met	21 a 25°C	18 a 22°C
≥ 2,0 met	19 a 24°C	16 a 21°C

Notas

Valores válidos para

- pessoas saudáveis, no local há mais de 15 minutos;
- velocidade média do ar inferior a 0,25 m/s;
- umidade relativa da ordem de 50%.

4.2.1.2 Observação

O parâmetro relevante é a temperatura operativa, que considera o efeito da radiação sobre a sensação de conforto.

Em recintos com forte exposição externa (tipicamente recintos com teto externo leve sem isolamento térmico, ou grandes áreas de parede leve e de vidro externos), ou em recintos com tetos radiantes frios ou pisos radiantes quentes, a temperatura radiante média, e portanto a temperatura operativa, pode diferir sensivelmente da temperatura do ar.

Em recintos sem exposição externa ou com exposição externa fraca ou moderada, a temperatura radiante média do recinto acaba assumindo valor muito próximo da temperatura do ar.

4.2.1.3 Uniformidade da temperatura

- A temperatura não deve ser distante mais de 1°C da temperatura média do recinto em qualquer ponto do zona ocupada.
- Para pessoas sentadas, a diferença entre as temperaturas num plano vertical entre 0,1 e 1,2 m do piso (entre os tornozelos e a cabeça) deve ser inferior a 3°C.

4.2.1.4 Flutuação da temperatura

- Quando a temperatura varia em ciclos curtos (de menos de 15 min.) a taxa de variação não deve ultrapassar 2°C por hora. Não há restrições para variações da temperatura se a amplitude do ciclo for de 1°C ou menos.
- As rampas de temperatura (variações contínuas, não cíclicas), passivas ou intencionais, não devem ser maiores que 0,5°C por hora, sendo que a temperatura final resultante não deve estar fora da faixa de conforto estipulada em mais de 0,5°C, nem permanecer neste nível por mais de uma hora.

4.2.1.5 Assimetria da radiação

A assimetria da radiação devida a superfícies muito quentes ou muito frias, ou a incidência direta da radiação solar, provoca sensação local de desconforto mesmo com a temperatura operativa dentro da faixa de conforto. Em geral as pessoas são mais sensíveis a assimetrias devidas a tetos quentes do que as devidas a paredes frias ou quentes.

Assimetrias da radiação devem ser evitadas sempre que possível, por medidas como isolamento térmico de telhados, proteção solar de grandes áreas envidraçadas, e vidros com boa propriedade isolante em climas muito frios

Para minimizar o desconforto local, é recomendável limitar:

- a assimetria radiante na direção vertical em 5°C (relativa a um pequeno plano horizontal a 0,6 m do solo)
- a assimetria radiante na direção horizontal em 10°C (relativa a um pequeno plano vertical a 0,6 m do solo)

Um método de cálculo da assimetria da radiação é indicado na norma ASHRAE 55 - 1992, Appendix C.

4.2.1 Umidade relativa

4.2.2.1 Valor recomendado (o ano todo): 40 a 65%

Aceitável

- limite inferior de 30%, se necessário para reduzir o consumo de energia de umidificação;
- limite superior de 70%, se necessário para reduzir o consumo de energia de desumidificação em condições de baixa carga sensível com alta carga latente.

4.2.2.2 Efeito sobre a sensação de conforto e bem estar

Uma temperatura ligeiramente mais alta com umidade mais baixa provoca em princípio a mesma sensação de conforto que uma temperatura ligeiramente mais baixa com umidade mais alta. O efeito é no entanto muito pouco sensível, limitando-se a uma variação possível da temperatura de poucos décimos de grau quando a umidade passa do máximo ao mínimo acima estipulado.

Umidade abaixo de 30% afeta as vias respiratórias e as mucosas e pode causar problemas de eletricidade estática; permanecendo acima de 70% por longos períodos, a umidade favorece a proliferação de mofo.

4.5.3 Velocidade média do ar

4.5.3.1 Valores máximos recomendados:

Velocidade média (não direcional) do ar na zona de ocupação, entre 0,1 e 1,2 m do piso, para pessoas sedentárias:

- Distribuição de ar convencional (fator de turbulência 30 a 60%)
verão 0,20 m/s; inverno 0,15 m/s
- Distribuição de ar por fluxo de deslocamento (fator de turbulência $\leq 10\%$)
verão 0,25 m/s; inverno 0,20 m/s

4.5.3.2 Efeito sobre a sensação de conforto

Correntes de ar com velocidade excessiva provocam sensação de desconforto, mesmo estando a temperatura operativa dentro da faixa de conforto, quando afetam a região da nuca e dos tornozelos desprotegidos de pessoas sedentárias, sentadas, como em auditórios, escritórios e outros.

Para uma mesma velocidade média do ar, a sensação de desconforto para pessoas sedentárias é maior quanto menor for a temperatura e maior o fator de turbulência do ar ambiente.

Para pessoas em movimento constante e com elevado nível de atividade (2,0 met ou mais) no entanto, uma velocidade de ar maior que a indicada para pessoas sedentárias é favorável, pois propicia sensação de conforto com temperatura mais elevada que a indicada para pessoas sedentárias.

5. AVALIAÇÃO E CONTROLE

5.1 Periodicidade da avaliação

Não há necessidade de avaliações periódicas de rotina.

A conformidade dos parâmetros ambientais com os recomendados nesta RN deve ser avaliada:

- Quando da colocação em serviço das instalações novas e após a execução de reformas ou modificações dos locais ou do sistema, como parte das providências de testes, ajustes e balanceamento (TAB);
- sempre que houver suspeita de desvio, queixa ou contestação.

5.2 Localização dos pontos de medição

6.2.1 As medições, exceto as de umidade, devem ser feitas no centro do recinto e nos pontos da zona ocupada onde os valores mais desfavoráveis dos parâmetros são suscetíveis de ocorrer, tais como na proximidade de janelas, bocas de ar, portas de acesso.

6.2.2 As medições de umidade precisam ser feitas em apenas um ponto representativo de cada zona térmica.

6.2.3 As medições de temperatura operante e de assimetria radiante devem ser feitas a 0,60 m do piso para pessoas sentadas e a 1,1 m do piso para pessoas de pé.

6.2.4 As medições de temperatura e de velocidade média devem ser feitas a 0,1 m e 1,1 m do piso para pessoas sentadas e a 1,7 m do piso para pessoas em movimento.

5.3 Condições externas para medições

6.3.1 Para avaliação da capacidade do sistema de prover as condições ambientais estipuladas nesta RN, as medições devem ser realizadas sob as seguintes condições externas:

- em regime de resfriamento, quando a diferença externa / interna da temperatura e da umidade absoluta não for inferior à 50% da diferença de projeto e com céu claro ou parcialmente encoberto;
- em regime de aquecimento, quando a diferença interna / externa da temperatura não for inferior à 50% da diferença de projeto e com céu encoberto ou parcialmente encoberto;
- para zonas internas de grande dimensões, com carga térmica interna equivalente a no mínimo 50% da carga de projeto.

6.3.2 Caso estas condições não se verifiquem na ocasião da colocação em serviço das instalações, as medições devem ser repetidas quando da ocorrência das condições citadas em 6.3.1.

5.4 Parâmetros operacionais

Paralelamente às medições das condições ambientais, devem ser medidos os seguintes parâmetros operacionais referentes ao recinto avaliado:

- temperatura do ar insuflado
- diferencial das temperaturas recinto / insuflação
- tipo e localização das grelhas ou difusores de insuflação
- velocidade de descarga das grelhas ou difusores
- localização das grelhas de retorno
- tipo de sistema de distribuição de ar.

5.5 Instrumentação

5.5.1 Temperatura

Deve ser medida por termômetro com faixa de 5 a 40°C e exatidão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, ou preferivelmente de $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

O bulbo sensor deve ser protegido, por anteparos apropriados, da influência da radiação solar, superfícies frias ou quentes, e outras fontes de radiação.

5.5.2 Temperatura operante

Pode ser medida diretamente por termômetro de globo, com faixa e exatidão como definidas em 6.5.1

5.5.3 Umidade relativa

Pode ser medida:

- por higrômetro de leitura direta com faixa de 5% a 95% e exatidão de $\pm 5\%$
- indiretamente, por psicrômetro com termômetros de bulbo seco e úmido, de faixa e exatidão como definidas em 6.5.1, sendo a umidade relativa lida em carta psicrométrica para a altitude do local.

5.5.4 Velocidade do ar

Deve ser medida por termo anemômetro com faixa de 0,05 a 0,5 m/s e exatidão de $\pm 0,05$ m/s

Anemômetros de hélice não são apropriados para medir as baixas velocidades das correntes de ar ambiente.