ABRAVA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO,
AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO

XX Encontro Nacional Departamento Nacional de Projetistas e Consultores

Oswaldo de Siqueira Bueno

REVISÃO NBR 16401 INSTALAÇÕES DE CONDICIONAMENTO DE AR — SISTEMAS CENTRAIS E UNITÁRIOS
PARTE 1: PROJETOS DAS INSTALAÇÕES - ANEXO A DADOS CLIMÁTICOS
PARTE 2: PARÂMETROS DE CONFORTO TÉRMICO

MISSÃO

Incentivar o desenvolvimento tecnológico e competitivo do setor AVAC-R do país, defender seus legítimos interesses; promover o uso correto de equipamentos, componentes, fluidos refrigerantes e insumos; difundir a aplicação responsável das boas práticas Brasileiras e Internacionais de engenharia; desenvolver Normas e procedimentos para garantir o bem estar e a qualidade de vida nos ambientes internos e meio ambiente.

OBJETIVOS

Representar as empresas e profissionais do setor, responsável por mais de 250.000 ocupações profissionais no país, e desempenhar papel adequado na interação conjunta com outras entidades de classe, órgãos governamentais, organizações acadêmicas e terceiro setor nos principais temas do setor AVAC-R .

VISÃO

Promover e incentivar de maneira confiável a criação correta de ambientes internos climatizados, sistemas e processos de refrigeração, aquecimento e ventilação através do uso responsável de tecnologias e boas práticas de engenharia.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários

- Parte 1 – Projetos das Instalações –
  - Anexo A – Dados Climáticos de Projeto
- Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico
  - Conforto Térmico
  - Variáveis de conforto térmico
  - Variação entre ocupantes
  - Variação temporal
  - Desconforto térmico local
  - Variação no nível de atividade
  - Ambientes condicionados naturalmente

NBR 16401 Parte 1 – Anexo A – Dados Climáticos - Normativo

- Baseado nos dados climáticos fornecidos 2017 ASHRAE Handbook Fundamentals
- Abrangendo 52 cidades Brasileiras
- Tabelas
  - A.2 – Dados locais das cidades
  - A.3 — Parâmetros de projeto — Aquecimento e umidificação — TBS mínimo — Umidade absoluta mínima
  - A.4 — Parâmetros de projeto — TBS máximo/TBU coincidente
  - A.5 – Parâmetros de projeto —– TBU máximo/TBS coincidente
  - A.6– Parâmetros de projeto – Umidade absoluta máxima/TBS coincidente
  - A.7 — Parâmetros de projeto — Velocidade e direção do vento – Verão e inverno

Tabela A.2 – Dados Locais das Cidades

Cidade	Estado	Local/ aeroporto	Latitude graus	Longitude graus	Elevação m	Pressão atmosférica kPa	Fuso horário h
Belém	PA	Val de Cans	16,229 S	48,476 O	17	101,13	-3,0
Brasília	DF	Juscelino Kubitscheck	15,863 S	47,913 O	1060	89,22	-3,0
Curitiba	PR	Afonso Pena	25,528 S	49,176 O	911	90,85	-3,0
Fortaleza	CE	Pinto Martins	3,776 S	38,533 O	25	101,03	-3,0
Porto Alegre	RS	Salgado Filho	29,994 S	51,171 O	3	101,28	-3,0
Rio de Janeiro	RJ	Santos Dumont	22,809 S	43,244 O	9	101,22	-3,0
São Paulo	**SP**	**Congonhas**	**23,627 S**	**46,655 O**	**802**	**92,06**	**-3,0**

Tabela A.3 — Parâmetros de projeto — Aquecimento e umidificação
TBS mínimo — Umidade absoluta mínima

Cidade	Estado	Mês mais frio	Aquecimento TBS ºC 99,6% - 99%		Umidificação TPO/TBS coincidente ω 99,6% TPO ºC ω gv/kgar TBS coinc			Umidificação TPO/TBS coincidente ω 99% TPO ºC ω gv/kgar TBS coinc		
Belém	PA	2	22,8	22,9	20,8	15,5	28,4	21,0	15,7	27,8
Brasília	DF	7	10,6	11,8	1,1	4,6	26,8	3,1	5,4	25,5
Curitiba	PR	7	2,9	5,0	-1,6	3,7	4,2	1,2	4,6	9,3
Fortaleza	CE	7	22,8	23,0	16,1	11,4	29,0	17,2	12,3	28,8
Porto Alegre	RS	7	3,9	5,8	1,1	4,1	7,9	2,8	4,6	8,4
Rio de Janeiro	RJ	7	16,2	17,1	11,9	8,7	19,7	13,0	9,3	19,9
São Paulo	**SP**	**7**	**9,0**	**10,2**	**3,2**	**5,3**	**20,1**	**5,1**	**6,0**	**18,8**

Tabela A.4 — Parâmetros de projeto — TBS máximo/TBU coincidente

Cidade	Estado	Mês mais quente Mês Variação diária Δ TBS		TBS max/TBU coinc 0,4% TBS ºC	TBU coinc	TBS max/TBU coinc 1,0 % TBS ºC	TBU coinc	TBS max/TBU coinc 2,0 % TBS ºC	TBU coinc
Belém	PA	11	8,1	33,2	25,9	33,0	25,8	32,2	25,8
Brasília	DF	10	11,2	32,2	17,5	31,2	17,9	30,6	18,2
Curitiba	PR	2	9,4	30,9	20,1	28,8	20,2	28,8	20,2
Fortaleza	CE	12	5,2	32,1	24,9	31,9	24,8	31,2	24,6
Porto Alegre	RS	1	9,7	34,9	24,7	33,1	24,1	31,9	23,7
Rio de Janeiro	RJ	2	6,5	34,1	25,1	32,8	24,9	31,8	24,8
São Paulo	**SP**	**2**	**8,3**	**32,2**	**20,2**	**31,1**	**20,2**	**30,1**	**20,2**

Tabela A.5 – Parâmetros de projeto — TBU máximo/TBS coincidente

Cidade	Estado	TBU max/TBS coinc 0,4% TBU ºC	TBS coinc	TBU max/TBS coinc 1,0 % TBU ºC	TBS coinc	TBU max/TBS coinc 2,0 % TBUºC	TBS coinc
Belém	PA	28,1	30,4	27,7	30,2	27,4	30,1
Brasília	DF	22,1	26,4	21,6	26,1	21,2	25,8
Curitiba	PR	23,1	26,9	22,5	26,3	21,9	25,7
Fortaleza	CE	26,7	29,2	26,2	29,0	26,0	28,9
Porto Alegre	RS	26,4	31,7	25,7	30,6	25,0	29,5
Rio de Janeiro	RJ	26,6	31,0	26,2	30,4	25,8	29,8
São Paulo	**SP**	**23,2**	**27,7**	**22,6**	**27,1**	**22,1**	**28,7**

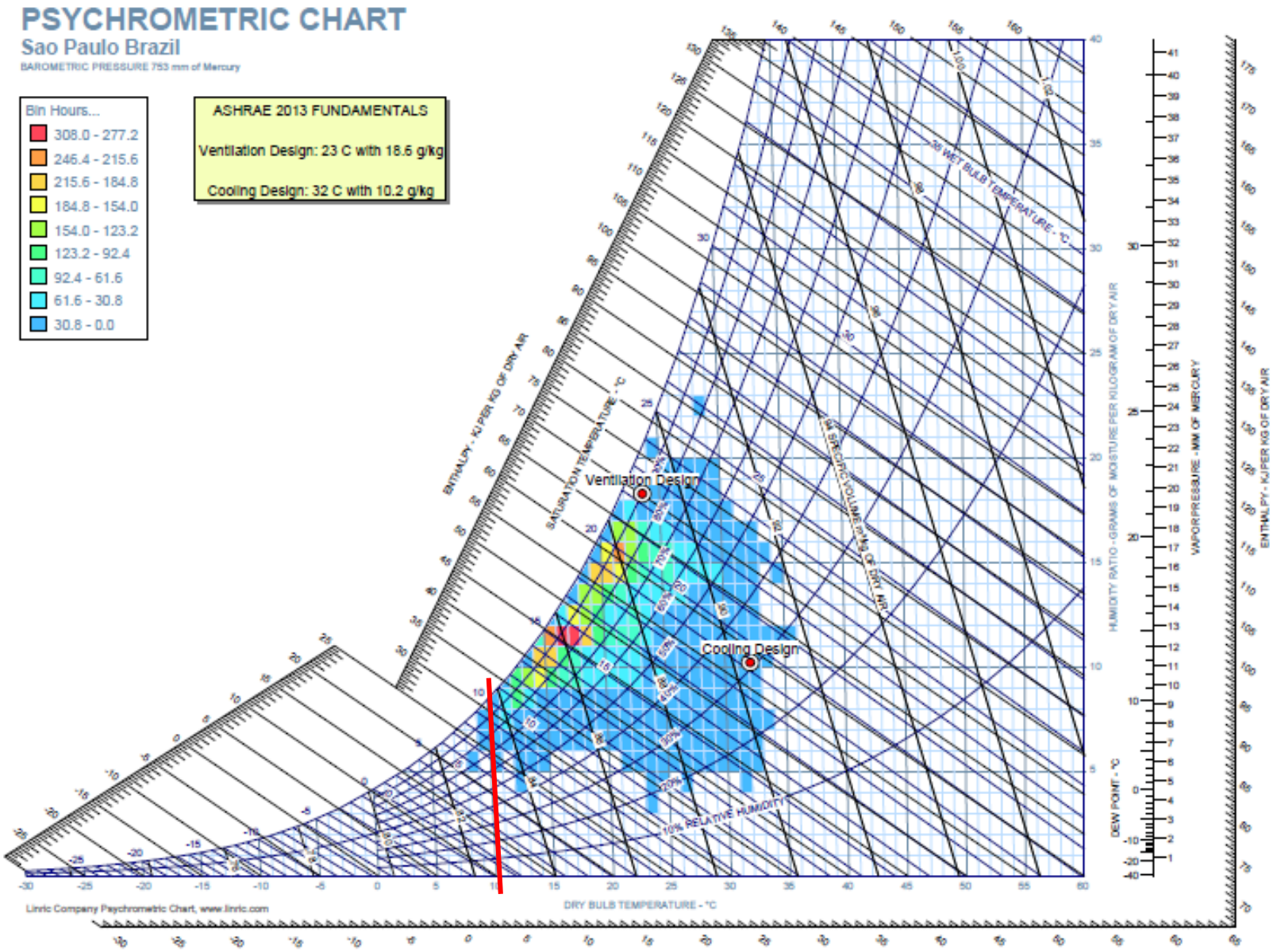
Tabela A.6– Parâmetros de projeto – Umidade absoluta máxima/TBS coincidente

Cidade	Estado	0,4% TPO ºC, ω gv/kgar, TBS coinc ºC			1,0 % TPO ºC, ω gv/kgar, TBS coinc ºC			2,0% TPO ºC, ω gv/kgar, TBS coinc ºC		
Belém	PA	27,2	23,1	29,5	27,1	22,8	29,4	26,8	22,5	29,2
Brasília	DF	21,1	17,9	23,3	20,3	17,0	22,8	20,1	16,8	22,6
Curitiba	PR	22,1	18,8	24,3	21,3	17,9	23,6	21,0	17,5	23,2
Fortaleza	CE	26,1	21,6	27,7	25,8	21,1	27,5	25,2	20,4	27,2
Porto Alegre	RS	25,1	20,2	28,4	24,2	19,1	27,5	23,9	18,8	27,1
Rio de Janeiro	RJ	25,2	20,4	28,9	25,0	20,1	28,7	24,2	19,2	27,9
São Paulo	**SP**	**22,0**	**18,4**	**25,5**	**21,2**	**17,5**	**24,5**	**20,9**	**17,2**	**24,2**

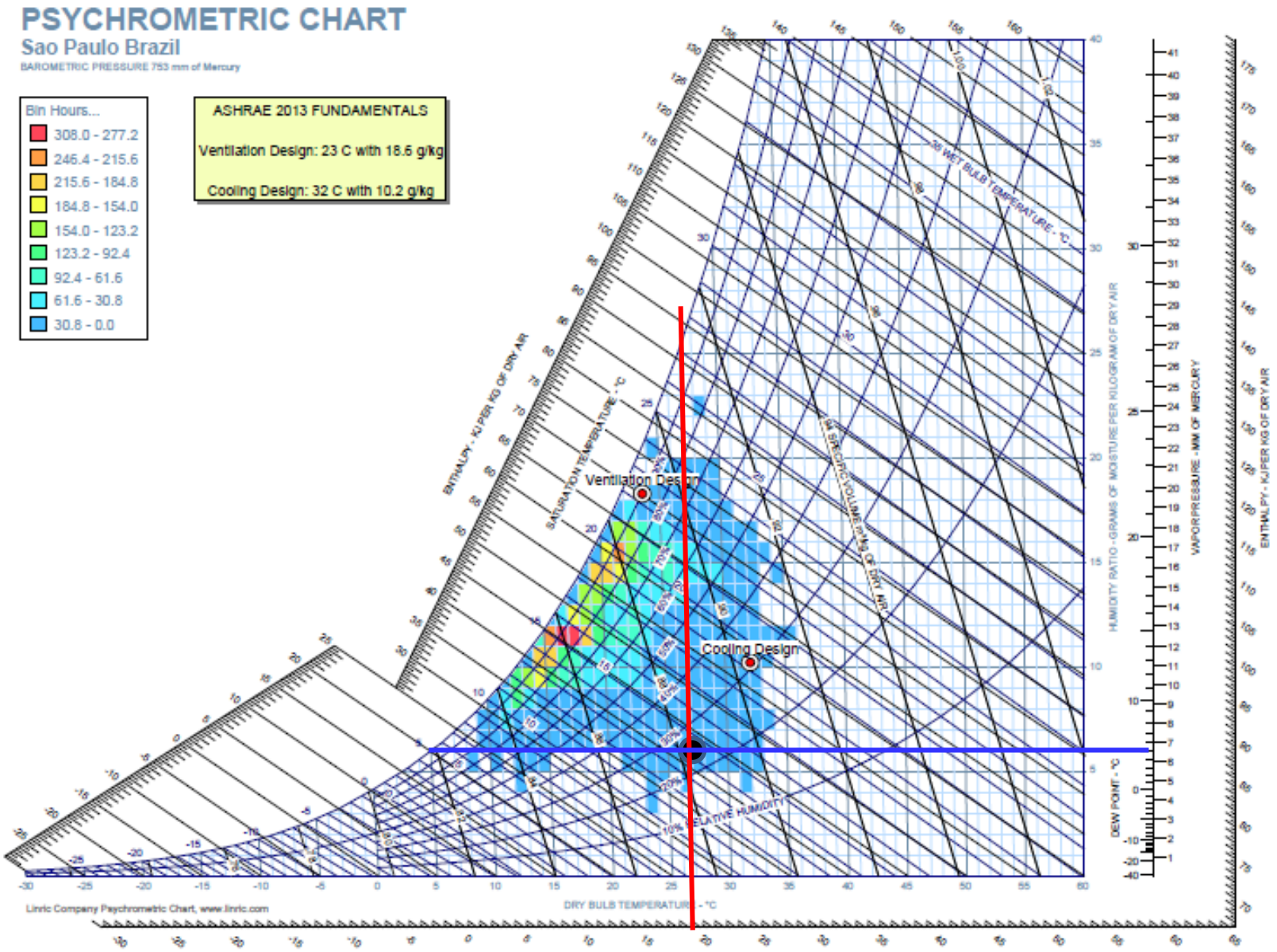
Tabela A.7 — Parâmetros de projeto — Velocidade e direção do vento – Verão e inverno

Cidade	Estado	Velocidade máxima do vento para TBS 99,6% Inverno		Velocidade máxima do vento para TBS o,4% Verão	
		Vv coinc m/s	Direção do vento graus	Vv coinc m/s	Direção do vento graus
Belém	PA	1,4	90	3,5	120
Brasília	DF	0,6	260	3,5	60
Curitiba	PR	1,5	120	4,6	310
Fortaleza	CE	2,8	180	6,1	120
Porto Alegre	RS	1	300	3,6	290
Rio de Janeiro	RJ	2,6	320	3,8	30
São Paulo	**SP**	**2,7**	**160**	**3,7**	**330**

Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP – Aquecimento TBS 10,2 ºC – 99% Inverno

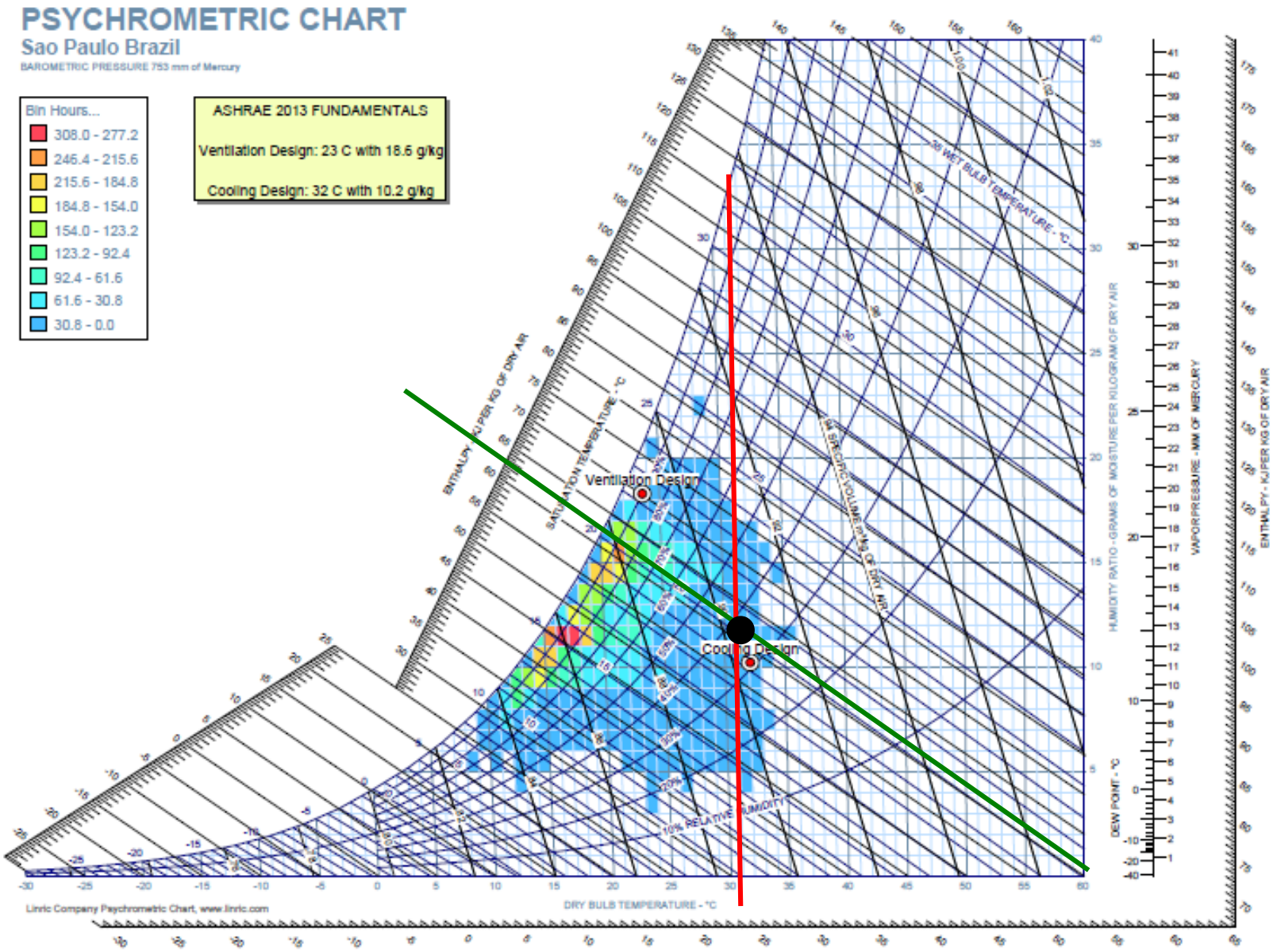


Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP – Umidificação TPO 5,1 ºC e TBS coinc 18,8– 99% Inverno



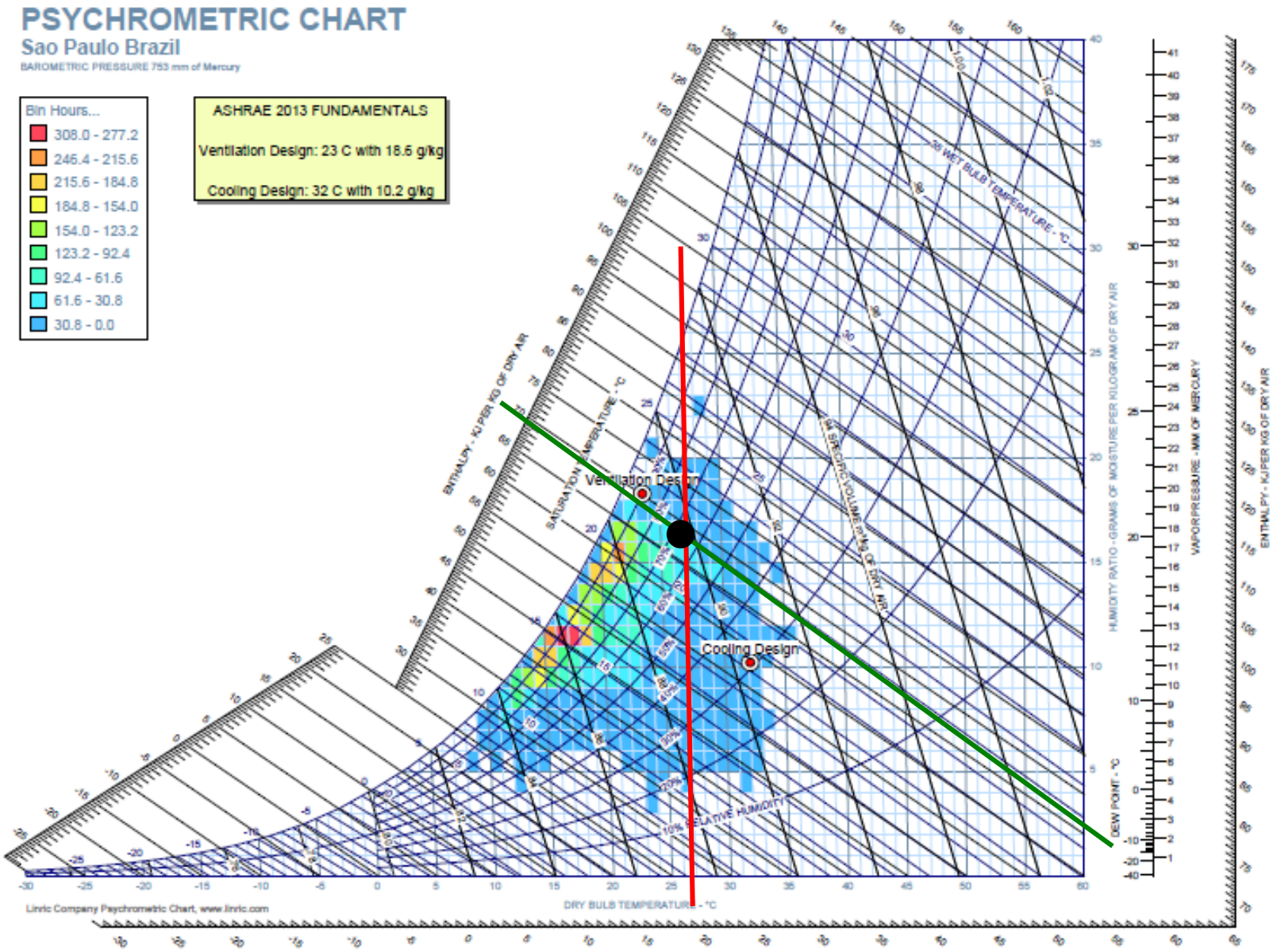
Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP

31,1 ºC TBS max e 20,2 ºC TBU coinc - 1% Verão

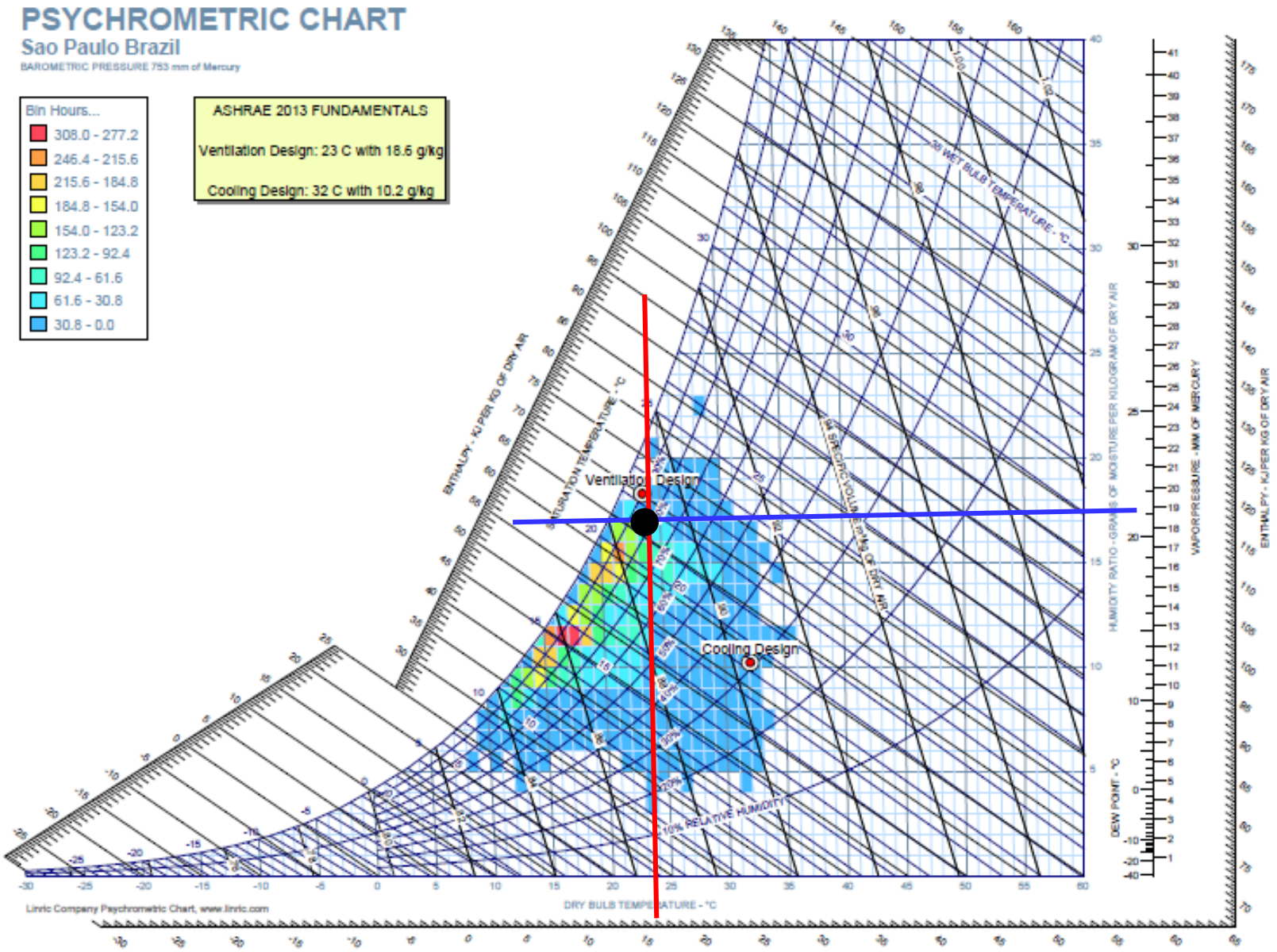


Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP

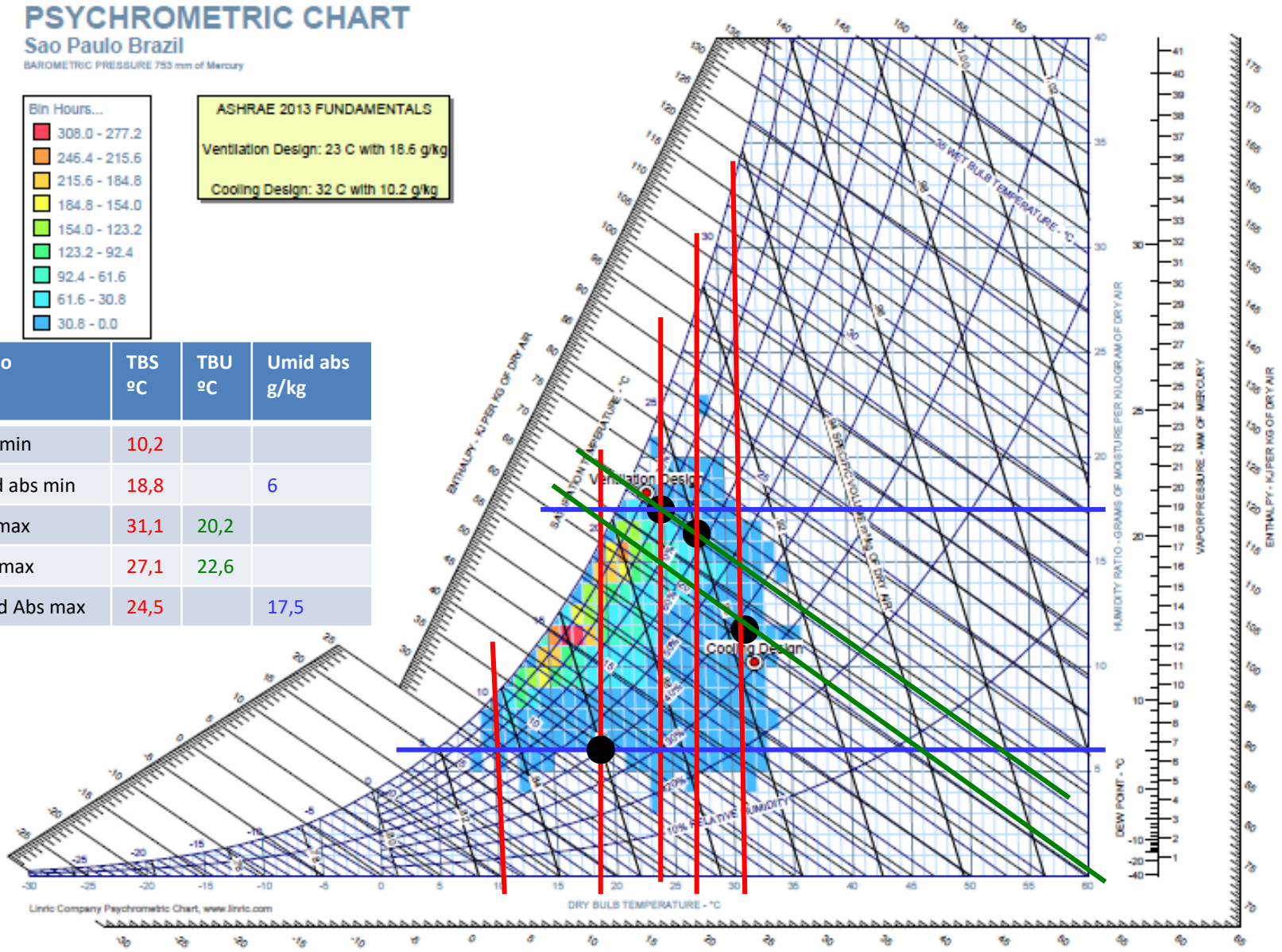
TBU 22,6 ºC max – TBS 27,1 ºC coinc- 1% Verão



Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP – Umidade absoluta max 17,5 g/kg – 24,5 ºC TBS coinc 1% Verão



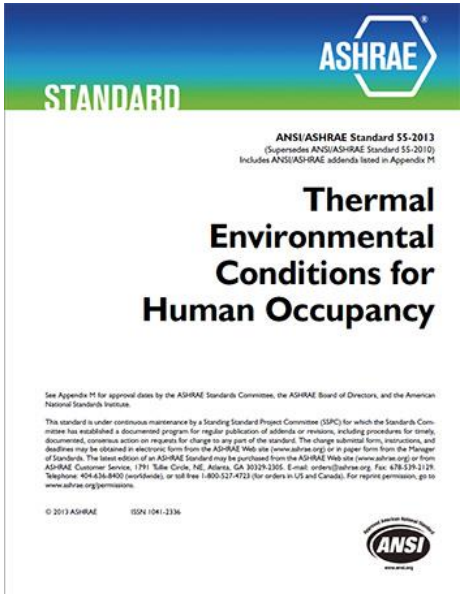
Carta Psicrométrica 750 m - São Paulo SP – 1% Verão – 99% Inverno



Condição	TBS ºC	TBU ºC	Umid abs g/kg
1 - TBS min	10,2		
2 - Umid abs min	18,8		6
3 - TBS max	31,1	20,2	
4 - TBU max	27,1	22,6	
5 – Umid Abs max	24,5		17,5

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários

- Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico
  - Conforto Térmico
  - Variáveis de conforto térmico
  - Variação entre ocupantes
  - Variação temporal
  - Desconforto térmico local
  - Variação no nível de atividade
  - Ambientes condicionados naturalmente



- Baseada na ASHRAE Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Introdução
- Conforto Térmico
  - Conforto térmico pode ser definido como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e a temperatura do corpo como um todo.
- As principais variáveis de conforto térmico são 6:
  1. Taxa metabólica;
  2. Isolamento da vestimenta;
  3. Temperatura do ar;
  4. Temperatura radiante média;
  5. Umidade do ar;
  6. Velocidade do ar.

  As duas primeiras são variáveis relativas aos ocupantes e as demais ao ambiente térmico.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Variáveis de conforto térmico
  - Atribuir uma atividade metabólica expressa em met ou W/m2
  - Valor de isolamento térmico da vestimenta em clo ou (m2.K)/W
- Caso as condições não sejam aceitáveis para um conjunto de ocupantes em um mesmo espaço, estes ocupantes devem ser pontualmente identificados, juntos com as possíveis causas de desconforto.

- Variação temporal
  - É possível que as seis variáveis de conforto térmico se alterem com o tempo. Esta parte da Norma é aplicável a conforto térmico em estado estacionário (com algumas variações limitadas de temperatura no tempo na Seção 5.2.5

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Desconforto térmico local
  - Ambientes não uniformes são analisados na Seção 5.2.4, e estas não uniformidades podem afetar a percepção de conforto térmico
- Variação no nível de atividade
  - A maioria dos estudos de conforto térmico foi realizada em condições típicas de trabalho em escritórios, onde se realizavam atividades sedentárias. Esta parte da norma é apropriada para estas condições, podendo também ser utilizada para atividades moderadamente maiores.
  - Esta parte da norma não se aplica a pessoas dormindo. Os estudos disponíveis não contem contém informações a respeito das condições de conforto térmico de crianças, deficientes físicos, doentes ou idosos.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Ambientes condicionados naturalmente
  - As condições de conforto térmico em espaços que operam por meio da ventilação natural não são obrigatóriamente as mesmas requeridas em ambientes condicionados artificialmente.
  - Estudos de campo mostraram que nestes ambientes, onde os ocupantes têm o controle sobre a abertura das janelas, a noção subjetiva de conforto térmico é diferente devido às diferenças nas experiências térmicas e disponibilidade de controle; assim, tais ambientes resultam em alterações nas expectativas e limites de aceitabilidade térmica dos ocupantes e possuem um método alternativo para avaliação disponível na seção 5.3.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Escopo
- O objetivo da parte 2 da norma é especificar as combinações de variáveis térmicas ambientais e pessoais que produzam condições aceitáveis para a maioria dos ocupantes em um determinado ambiente.

1.1 As variáveis térmicas ambientais mencionadas nesta parte da norma são: temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; e as variáveis pessoais são: atividade metabólica e isolamento térmico da roupa.

1.2 Espera-se que os critérios definidos nesta parte da norma sejam aplicados de uma forma integrada, já que conforto térmico no ambiente interno é complexo, e é afetado por todas as variáveis aqui relacionadas.

1.3 Esta parte da norma especifica condições térmicas aceitáveis para adultos saudáveis expostos a pressão atmosférica equivalente a altitudes de até 3000m, e em ambientes internos projetados para ocupação humana considerando períodos superiores a 15 minutos.

1.4 Esta parte da norma não cobre fatores não térmicos como a qualidade do ar interno, acústica, iluminação ou outros parâmetros físicos, químicos ou biológicos que possam afetar o conforto e a saúde.Para especificação de parâmetros básicos e requisitos mínimos visando a obtenção de qualidade aceitável de ar interno para conforto, ver ABNT NBR 16401– 3; Qualidade do ar interior.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Termos e definições

3.1.1 aberturas controladas pelos ocupantes

aberturas como as janelas, que são controladas pelos ocupantes do espaço. Estas aberturas podem ser controladas manualmente ou via sistema de automação sob o controle dos usuários

3.1.2 ambientes naturalmente condicionados, controlados pelos ocupantes

ambientes onde as condições térmicas são reguladas principalmente através por meioda operação (abertura/fechamento) de janelas e movimentação passiva do ar

3.1.3

ambiente térmico

variáveis locais específicas ou aspectos de um ambiente térmico que afetam as perdas de calor dos ocupantes

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

3.1.10
desconforto térmico local
desconforto causado por condições específicas locais como: gradiente de temperatura entre o tornozelo e a cabeça, campo radiante assimétrico, resfriamento convectivo localizado (draft) ou contato com piso quente ou frio

3.1.11
convecção localizada
resfriamento local do corpo causado pela velocidade do ar

3.1.12
edificações híbridas
edificações que operam de forma híbrida combinam a ventilação natural proveniente da abertura de janelas (manualmente ou de forma automatizada) ao condicionamento mecânico, incluindo os sistemas condicionadores de ar e/ou os sistemas de distribuição de ar

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

3.1.13

escala sétima de conforto térmico

sensação térmica expressa nas categorias: muito frio, frio, levemente frio, neutro, levemente quente, quente e muito quente

3.1.14

excedência de horas de desconforto (horas de desconforto)

número de horas ocupadas em um período de tempo definido,quando as condições ambientais em um espaço estão fora dos limites estipulados pela zona de conforto. Unidade: Horas

3.1.19

modelo adaptativo

modelo que relaciona as temperaturas internas aceitáveis com as temperaturas externas

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

3.1.34

temperatura efetiva padrão (SET)

valor de temperatura em um ambiente uniforme imaginário, onde a taxa de umidade relativa é de 50%, a velocidade do ar inferior a 0,1m/s, e a temperatura média radiante igual à temperatura do ar; é também assumido que nestas condições, um ocupante imaginário perde a mesma quantidade de calor que em um ambiente real ao desenvolver uma atividade metabólica correspondente a 1,0 met, com vestimenta de 0,6 clo

3.1.35

temperatura radiante média (tr)

temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano é igual à transferência de calor por radiação em um ambiente real não uniforme

3.1.37

temperatura operativa (to)

temperatura uniforme das superfícies de um ambiente imaginário no qual o ocupante trocaria a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente real não uniforme

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

3.1.42

voto médio estimado predito (PMV) (predicted mean vote)

índice que prevê o valor médio da sensação térmica de um grande número de pessoas na escala sétima de sensação térmica

3.1.43

zona de conforto

faixa de variação bidimensional (geralmente representada sobre a carta psicrométrica) da temperatura operativa e umidade relativa do ar na qual se prevê condições de aceitabilidade térmica para valores particulares de velocidade do ar, taxa metabólica e isolamento de vestimenta

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Condições requeridas de conforto térmico
  - As seis variáveis a seguir devem ser determinadas para definir as condições aceitáveis de conforto térmico.

  1. Taxa metabólica (met);
  2. Isolamento da vestimenta (clo);
  3. Temperatura do ar (ta);
  4. Temperatura radiante média (trm);
  5. Umidade do ar (UR);
  6. Velocidade do ar (var).
- Os métodos relativos à determinação das características dos ocupantes (taxa metabólica e isolamento da vestimenta) estão descritos nos Anexos A e B.
- Pessoas que acabaram de entrar em um ambiente que atende aos requisitos de conforto térmico desta parte da Norma podem não classificá-lo como "confortável", se, eles tiverem experimentado diferentes condições ambientais imediatamente antes de trocarem de ambiente. O efeito da exposição prévia ou do metabolismo pode afetar a percepção de conforto em um intervalo de tempo aproximado de 1 hora.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Método geral para determinação das condições térmicas aceitáveis em espaços ocupados
- 5.2.1. Zona de conforto térmico gráfica
  - Aplicabilidade:Este método deve ser utilizado apenas quando o usuário representativo desenvolver atividade metabólica entre 1,0 e 1,3 met, com isolamento térmico da vestimenta entre 0,5 e 1,0 clo, e em espaços com velocidade do ar inferior a 0,20 m/s. A maioria dos escritórios condicionados artificialmente está nesta situação.
  - A zona de conforto térmico gráfica está limitada a uma razão de umidade de 0.012 Kg H2O/Kg ar seco, o que corresponde a1,910 kPa em pressão padrão ou temperatura de orvalho de 16,8°C.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários –

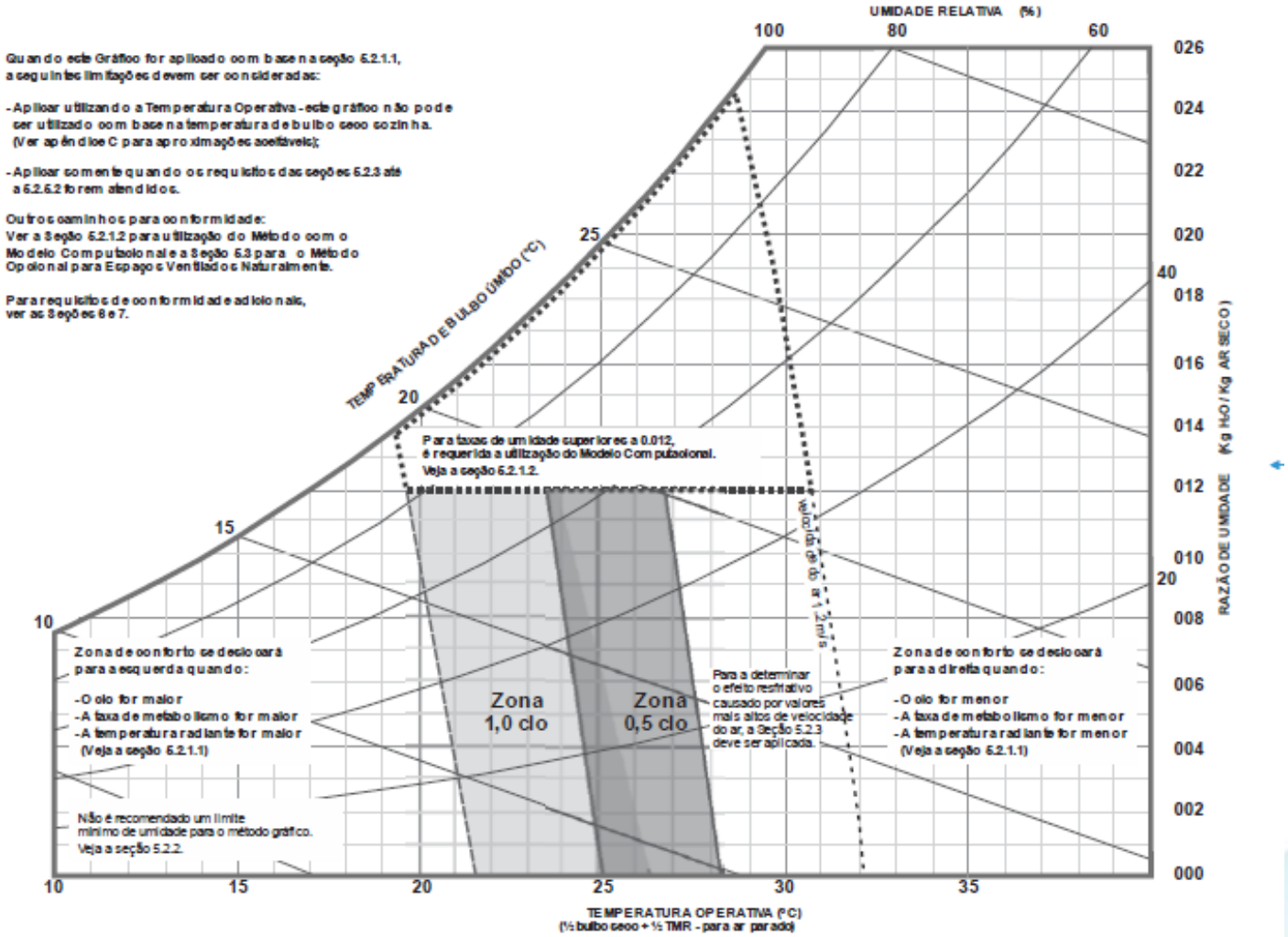


Figura 1— Zona de conforto térmico gráficacom base no método analítico: variações aceitáveis de temperatura operativa e umidade para ambientes que cumprem o especificado na Seção 5.2.1 (1,1 met; 0,5 e 1,0 clo)

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

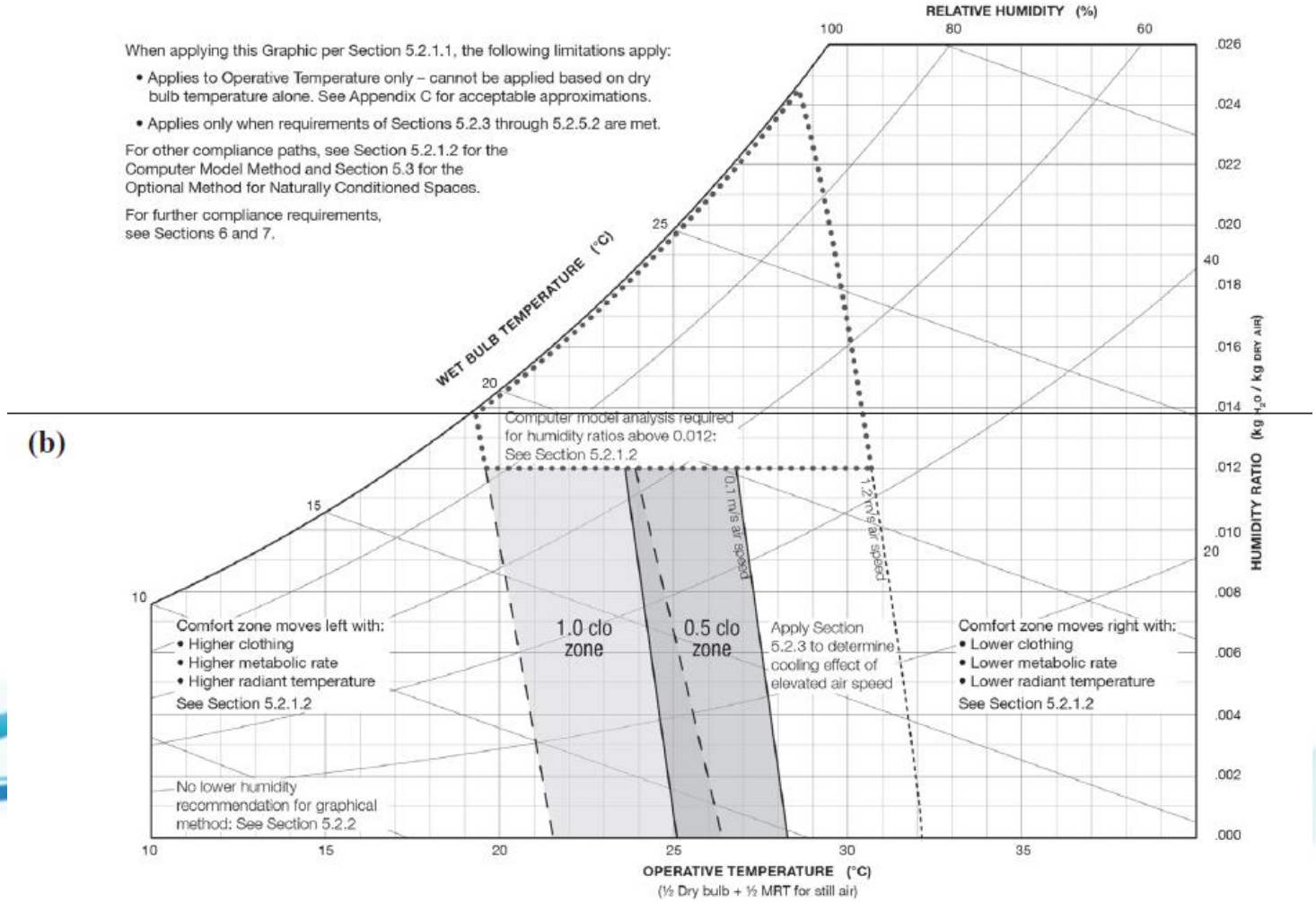
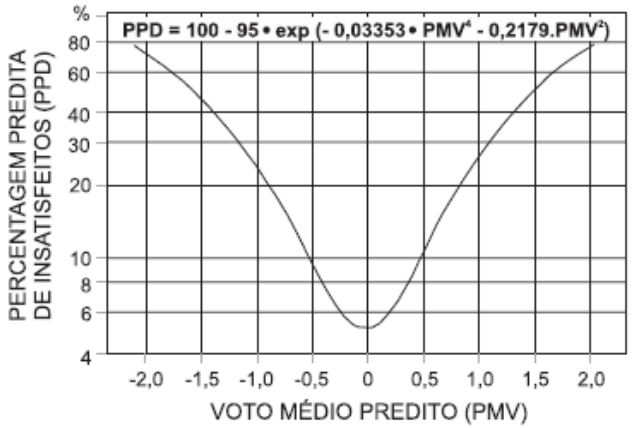


Figure 5.2.1.1 (SI) Acceptable range of operative temperature and humidity for spaces that meet the criteria specified in Section 5.2.1.1.
1.1 met, 0.5 & 1.0 clo

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- 5.2.1 Método analítico para avaliação de ambientes internos
- Aplicabilidade:Este método pode ser aplicado em ambientes onde a atividade metabólica dos ocupantes está entre 1,0 e 2,0 met, e o isolamento térmico da vestimenta é inferior a 1,5 clo.
- Ver o Anexo A para estimativas de taxas metabólicas e o
- Anexo B para estimativa do isolamento de vestimentas.
- A escala sétima desenvolvida para quantificar a sensação térmica das pessoas é definida conforme a seguir:
- a) +3 muito quente;
- b) +2 quente;
- c) +1 levemente quente;
- d) 0 neutro;
- e) –1 levemente frio;
- f) –2 frio;



ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- 5.2.3. Velocidade do ar elevada
- Esta parte da norma permite o uso de velocidades do ar mais elevadas para aumentar a temperatura operativa máxima sob certas condições, aplicáveis no métodos descritos nas Seções 5.2.1 e 5.2.2, desde que as condições dos subitens seguintes 5.2.3.1 e 5.2.3.2 sejam atendidas.
- Os limites são impostos em função do ambiente, fatores pessoais e a existência ou não do controle local da velocidade do ar para os ocupantes do ambiente

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

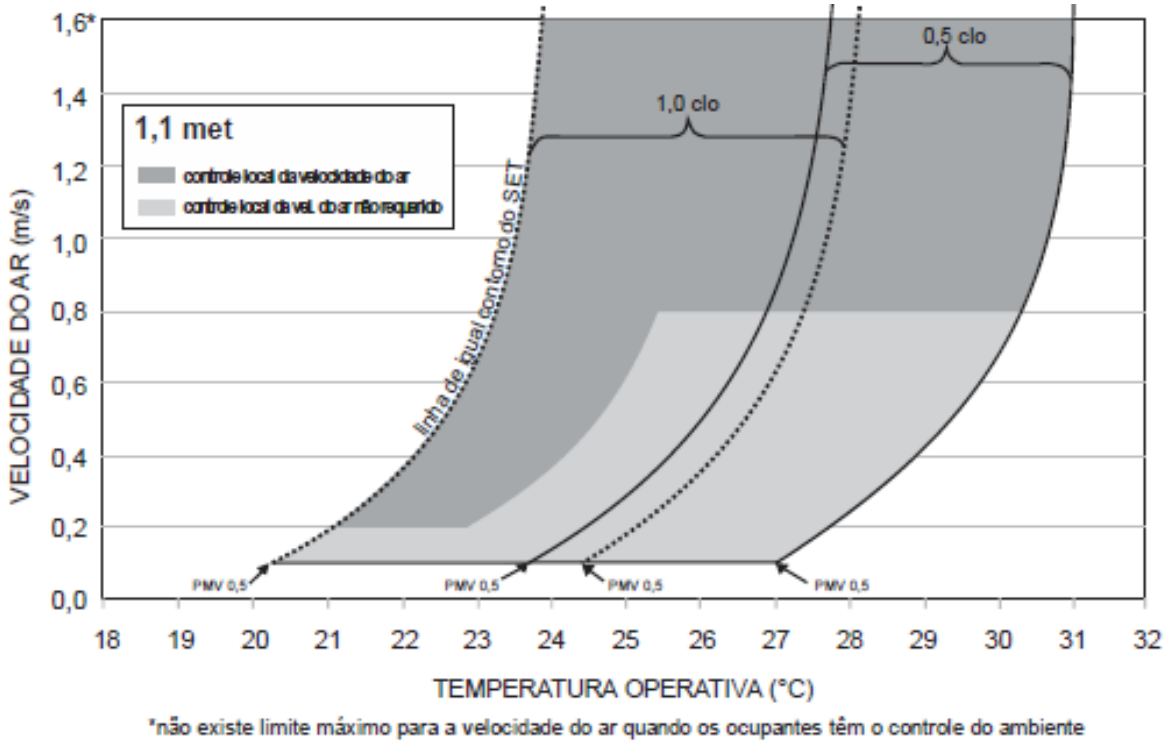


Figura 3—Intervalos aceitáveis de temperatura operativa (°C) e velocidade do ar (m/s) para as zonas de 0,5 e 1,0 clo representadas na Figura 3, a uma razão de umidade limite de 0,012 kg•H_2O/kg.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- 5.2.4 Desconforto térmico local
  - O desconforto térmico local pode ser causado pela:
    - diferença na temperatura do ar entre a altura dos pés e da cabeça,
    - por assimetria no campo radiante,
    - por resfriamento convectivo localizado ou
    - por meio do contato com pisos frios ou quentes.
- Aplicabilidade:Os requisitos desta seção devem ser atendidos por ocupantes representativos que obedeçam aos seguintes critérios:
  - isolamento da vestimenta inferior a 0,7 clo;
  - atividade física com metabolismo inferior a 1,3 met.
- Para o atendimento desta seção, a altura relativa ao tornozelo de um ocupante representativo é de 0,1 m acima do chão; a altura até a cabeça é de 1,1 m para ocupantes sentados e 1,7 m para ocupantes em pé.

Assimetria na temperatura radiante ºC			
Teto quente	Parede fria	Teto frio	Parede quente
< 5	<10	<14	<23

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

5.2.5 Variações de temperatura com o tempo

- Flutuações de temperatura do ar, e/ou radiante média, podem afetar o conforto dos ocupantes. **Tais flutuações, se controladas pelos ocupantes, não apresentam impacto negativo no conforto, e neste caso, os requisitos desta seção não se aplicam**. No entanto, flutuações que ocorram devido aos fatores fora do controle direto dos indivíduos podem resultar em um efeito negativo nos ocupantes, se aplicando nestes casos os requisitos desta seção.

5.2.5.1 Variações cíclicas

- Variações cíclicas se referem às variações na temperatura operativa, fazendo com que ela suba e desça em períodos inferiores a 15 min., dentro de um determinado período de tempo. Para a aplicação desta parte da Norma, as variações cíclicas na temperatura operativa (to) em um período de tempo inferior a15 min. devem ter uma amplitude de pico a pico de no máximo 1,1 °C. Caso o período de variação seja superior a 15 min., ela será tratada como uma rampa, e os requisitos da Seção 5.2.5.1 se aplicam.
- Tabela 3 - Valores limites de rampas e variações

Período de tempo	0,25	0,5	1	2	4
Máxima alteração permitida na temperatura operativa	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Determinação das condições térmicas aceitáveis em ambientes ventilados naturalmente e controlados pelos usuários
- Aplicabilidade:Este método se aplica a ambientes naturalmente condicionados, onde as janelas podem ser operadas e ajustadas pelos ocupantes de acordo com suas necessidades.
- A utilização deste método deve seguir os seguintes critérios:
  - Não deve existir nenhum tipo de sistema de condicionamento artificial mecânico operando durante todas as horas de ocupação diárias.
  - Os ocupantes devem desenvolver atividades sedentárias com taxas metabólicas entre 1,0 e 1,3 met.
  - Os ocupantes podem variar a sua vestimenta em uma faixa de 0,5 – 1,0 clo
  - A temperatura média predominante do ar externo deve estar dentro do intervalo entre 10,0 °C e 33,5 °C.

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

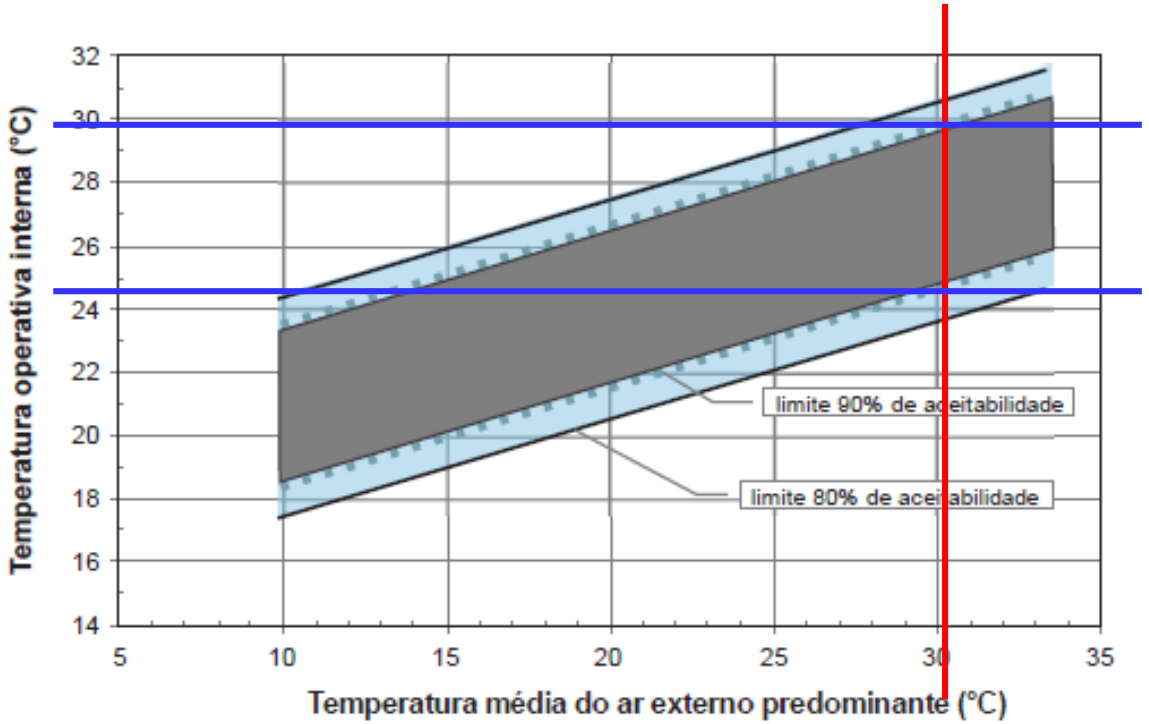


Figura 5 —Faixa de temperatura operativa aceitável para ambientes naturalmente condicionados

Tabela 4—Aumento nos limites de temperatura operativa aceitável (Δt_o) em ambientes naturalmente condicionados (Figura 5) resultantes de velocidades do ar acima de 0,3 m/s.

Velocidade do ar 0,6 m/s	Velocidade do ar 0,9 m/s	Velocidade do ar 1,2 m/s
1,2°C	1,8°C	2,2°C

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Conforto a partir da percepção do usuário
- A melhor maneira de se diagnosticar as condições de conforto térmico oferecidas por uma edificação é por meio **de perguntas e respostas** que reflitam a real percepção do usuário com relação aos parâmetros climáticos internos (ver Anexo E modelo básico de questionário)
- A **pesquisa de satisfação** considera quão satisfeito o ocupante está com relação às condições térmicas internas, considerando o período em que os mesmos ocupam a edificação e o local de trabalho. As pesquisas de satisfação devem utilizar uma escala sétima que varia de “satisfeito” até “insatisfeito”, incluindo perguntas que possam levar à identificação das possíveis causas desta insatisfação.
- Na **pesquisa de aceitabilidade**, as perguntas devem prever se o usuário considera as **condições ambientais “aceitáveis” ou “inaceitáveis**”. Para a verificação da sensação térmica, deve ser utilizada a escala sétima de votos, dividida da seguinte maneira: muito frio (-3), frio (-2), levemente frio (-1), neutro (0), levemente, quente (+1), quente (+2) e muito quente (+3).

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Conforto a partir da medição das variáveis ambientais e estimativa das variáveis pessoais
  - As quatro variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar) devem ser medidas com o auxílio de equipamentos adequados, e devidamente calibrados.
  - As duas variáveis pessoais (atividade metabólica e vestimenta) devem ser estimadas através por meio dos questionários, para que seja possível a aplicação de um índice de conforto térmico

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Comprovação de atendimento à Norma na etapa do projeto
  - Os edifícios e seus sistemas de condicionamento e controle devem ser projetados para que as condições de conforto térmico, sob condições climáticas referenciais,sejam mantidas. Esta Norma não trata do projeto destes sistemas, tratando apenas dos requisitos de conforto térmico aceitáveis para a maioria das pessoas
- Comprovação de atendimento à norma de edificações existentes
  - Em edifícios existentes a comprovação pode ser feita para um dia crítico ou para um período crítico. Deve-se estabelecer o percentual previsto de insatisfeitos ou em desconforto térmico, o número de horas excedidas e a média ponderada do grau de severidade das horas excedidas,utilizando os dados disponíveis

ABNT NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2 – Parâmetros de Conforto Térmico

- Anexo A: (Normativo) Níveis de atividade metabólica
- Anexo B: (Normativo) Isolamento da vestimenta
- Anexo C: (Normativo) Programa computacional para cálculo do PMV/PPD e Índice SET
- Anexo D: (Informativo) Desconforto térmico localizado
- Anexo E: (Informativo) Levantamento e questionário para avaliação do ambiente térmico
- Anexo F: (Informativo) Modelo de documentação para avaliação de conformidade na etapa de projeto

ABRAVA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO,
AR CONDICIONADO,VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO

Agradeço a atenção

Estou a disposição para perguntas

Oswaldo de Siqueira Bueno